

# DAS CARPALTUNNELSYNDROM

Langzeitergebnisse nach operativer Therapie

Roman Eder

---

1902

---







Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41548320\\_0008](https://archive.org/details/IA41548320_0008)

Aus der chirurgischen Klinik Innenstadt der Universität München  
Direktor Professor Dr.med Leonhard Schweiberer

Das Carpaltunnelsyndrom  
Langzeitergebnisse nach operativer Therapie

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin  
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Roman Eder

aus  
Zwiesel

1982

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Professor Dr. med E. Kugel

Mitberichterstatter: Professor Dr.med L. Schweiberer

Dekan: Professor Dr. med W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 15.7.1982



DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH  
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

## A. Allgemeiner Teil

|                                       | Seite |
|---------------------------------------|-------|
| 1. Einleitung                         | 1     |
| 2. Definition und Geschichte          | 2     |
| 3. Anatomie                           | 3     |
| 4. Pathophysiologie                   | 7     |
| 5. Krankheitsbild                     | 8     |
| 5.1. Subjektive Symptome              | 8     |
| 5.2. Objektive Befunde                | 9     |
| 6. Diagnose                           | 10    |
| 6.1. Provokationstests                | 10    |
| 6.2. Elektrographische Untersuchungen | 11    |
| 6.3. Röntgenologische Untersuchungen  | 12    |
| 7. Differentialdiagnose               | 12    |
| 8. Epidemiologie                      | 14    |
| 8.1. Häufigkeit                       | 14    |
| 8.2. Geschlechtsverteilung            | 14    |
| 8.3. Altersverteilung                 | 14    |
| 8.4. Bevorzugte Berufsgruppen         | 14    |
| 8.5. Familiäres Vorkommen             | 15    |
| 9. Ätiologie und Pathogenese          | 15    |
| 10. Therapie                          | 21    |
| 10.1. Konservative Therapie           | 21    |
| 10.2. Chirurgische Therapie           | 21    |
| 11. Prognose                          | 24    |

## B. Spezieller Teil

|                                                                                    | Seite |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 12. Patientengut und Methodik                                                      | 26    |
| 12.1. Epidemiologie                                                                | 26    |
| 12.2. Operationsindikation                                                         | 32    |
| 12.3. Operationsmethode                                                            | 33    |
| 12.4. Nachuntersuchungen                                                           | 35    |
| 12.5. Spätkontrolle mit Fragebogen                                                 | 35    |
| 13. Ergebnisse der Neurolyse des N. medianus                                       | 36    |
| 13.1. Symptome und Befunde vor der Operation                                       | 36    |
| 13.2. Operationsbefunde und Pathologie                                             | 40    |
| 13.3. Auswertung der Nachuntersuchungsergebnisse                                   | 43    |
| 13.4. Auswertung der Fragebögen                                                    | 43    |
| 13.4.1. Aufgliederung nach dem Ausmaß der<br>vorbestehenden Sensibilitätsstörungen | 45    |
| 13.4.2. Aufgliederung nach der Anzahl der<br>vorbestehenden Symptome               | 46    |
| 13.4.3. Aufgliederung nach der Dauer der Anamnese                                  | 47    |
| 13.4.4. Aufgliederung nach dem Ausmaß der Thenarisatrophie                         | 48    |
| 14. Diskussion                                                                     | 49    |
| 15. Zusammenfassung                                                                | 53    |
| 16. Literaturverzeichnis                                                           | 54    |

## A. Allgemeiner Teil

### 1. Einleitung

Die in der Literatur veröffentlichten Ergebnisse der chirurgischen Behandlung des Carpal-tunnelsyndroms (CTS) sind äußerst günstig. In zunehmenden Maße wird dieses Krankheitsbild auch an kleineren Kliniken und Allgemeinkrankenhäusern diagnostiziert und chirurgisch therapiert. Mit der vorliegenden Arbeit soll in einer Langzeitkontrolle das Ergebnis der chirurgischen Behandlung des CTS an einem Allgemeinkrankenhaus überprüft und mit dem Ergebnis von orthopädischen, hand- oder neurochirurgischen Spezialabteilungen großer Kliniken verglichen werden.

Am Städtischen Krankenhaus München-Harlaching wurden von 1970 bis 1979 41 Operationen wegen eines CTS vorgenommen. Die Zahl der Operationen pro Jahr hat vor allem Ende der 70er Jahre stark zugenommen (Abb. 5).

Unterschiede zur Behandlung an großen Spezialkliniken ergeben sich zum einen in der Diagnostik und Indikationsstellung und zum andern in der Häufigkeit der Operationen und damit in der Routine des Operationsteams, während Operationstechnik und Nachbehandlung sich in etwa entsprechen.

Wie sich diese Unterschiede auf den Erfolg der Operation auswirken, soll in der vorliegenden Arbeit zu klären versucht werden, nachdem zuerst ein allgemeiner Überblick über das Krankheitsbild gegeben wird.

## 2. Definition und Geschichte

Das CTS ist eine Kompressionsneuropathie des N. medianus, die verursacht wird durch ein Mißverhältnis zwischen Lumen und Inhalt des Carpaltunnels (48).

Erste Beschreibungen von Symptomen des CTS finden sich Mitte des vorigen Jahrhunderts bei James PAGET und H. NOTHNAGEL (9). Die erste klinisch-pathologisch exakte Beschreibung des CTS erfolgte aber erst im Jahre 1913 durch P. MARIE und C. FOIX. Bei der Autopsie einer 80-jährigen Patientin mit Atrophie beider Daumenballen fanden sie eine knotige Auftreibung des N. medianus unter einem verdickten Retinaculum flexorum. Sie empfahlen therapeutisch eine Durchtrennung des Retinaculum flexorum zu versuchen (59). Erst im Jahre 1930 führte Sir James LEARMONTH diese Operation zum ersten Mal durch. Bei einer 71-jährigen Patientin von Henry WOLTMAN spaltete er das Retinaculum flexorum und konnte sie von ihren Beschwerden befreien (9).

Ein einheitliches Profil in Bezug auf Pathogenese, Symptomatologie und Therapie bekam das CTS in den folgenden Jahren durch die Arbeiten von ZACHARY (101), CANNON und LOVE (21), BRAIN und Mitarbeiter (16) und PHALEN und Mitarbeiter (74 und 75).

Für das deutsche Sprachgebiet verfaßte der Züricher Neurologe WORMSER 1950 die erste Gesamtdarstellung des CTS (99).

### 3. Anatomie

Der Carpaltunnel (CT) ist ein teils knöcherner, teils fibröser Kanal von elliptischer Form und einer Länge von ca. 4 cm. Die dorsale Begrenzung (Boden des CT) bilden die Handwurzelknochen und die sie verbindenden Bänder. Die volare Begrenzung (Dach des CT) stellt das Retinaculum flexorum dar, ein straffes, derbes Band, das ulnar am Os pisiforme und am Os hamatum, radial am Tuberculum ossis scaphoideum und am Os trapezium inseriert. Seine proximale Dicke beträgt 1 bis 2 mm, seine mittlere und distale ca. 3 bis 3,6 mm (88). Distal geht es in die Fascia palmaris, proximal in die Fascia antebrachii über. Die engste Stelle des CT befindet sich 2,5 bis 3 cm distal des proximalen Endes, bedingt durch die Anordnung der zweiten Reihe der Handwurzelknochen und der Struktur des Retinaculum flexorum, das hier seine größte Dicke erreicht (20). Durch den CT ziehen die Sehnen des M. flexor digitorum profundus und sublimis in der Bursa ulnaris, die Sehne des M. flexor pollicis longus in der Bursa radialis und der N. medianus, der dicht unter dem Retinaculum flexorum verläuft. Verschiedene Versuche und Druckmessungen ergaben (16 und 88), daß der CT bei starker Flexion und Extension in seinem Durchmesser reduziert, der N. medianus gegen den proximalen Rand des Retinaculum flexorum gedrückt und bei Flexion der Finger zusätzlich noch von deren Beugesehnen komprimiert wird. Dabei scheint die Flexion des Handgelenks eine wichtigerere Rolle zu spielen als die Extension (9).

Der N. medianus ist ein gemischter Nerv mit Ursprung aus C 5 bis TH 1. Er kommt im distalen Drittel des Unterarms aus der Tiefe an die Oberfläche, kreuzt dabei den radialen Rand der Sehne des M. flexor sublimis des 2. Fingers. Nach SUNDERLAND (zitiert nach 9) kann dabei eine Kompression des N. medianus auftreten, die Grund für das Fehlen eines therapeutischen Erfolgs nach Spaltung des Retinaculum flexorum sein kann. Kurz vor Eintritt in den CT gibt der Nerv den Ramus palmaris ab, der proximal des Handgelenks die Fascia antebrachii durchbohrt und sensibel den Daumenballen und die radiale Hohlhand versorgt. Nach Durchtritt durch den CT teilt sich der N. medianus in 6 Rami terminales. Der 1. Ramus (Ramus thenaris) zweigt am distalen Ende des CT stumpfwinkelig vom N. medianus ab und läuft wieder proximalwärts in die Daumenballenmuskulatur. Der Ramus thenaris ist ein rein motorischer Ast zur Innervation des M. adductor pollicis brevis, des M. opponens pollicis und des Caput superficiale des M. flexor pollicis brevis. Es werden eine Vielzahl von Verlaufsvarianten dieses Astes beschrieben, der auch völlig fehlen kann (9 und 49). Die häufigste und klinisch wichtigste Variante ist ein vorzeitiges Verlassen des CT durch einen "Thenaristunnel", wobei er besonders stark Kompressionsschädigungen ausgesetzt ist. Diese Variante liegt den meisten hochgradigen Atrophien der Thenarismuskulatur zu Grunde, die mit nur geringen oder fehlenden Schmerzen und Paraesthesien einhergehen (10). Die übrigen Rami terminales des N. medianus versorgen sensibel die Vola manus vom 1. Finger bis zur radialen Hälfte des 4. Fingers und motorisch die M. lumbricales 1 und 2. Varianten in diesem Versorgungsmuster sind relativ selten. Außerdem ist der N. medianus noch für die vegetativ sympathische Versorgung der Hand verantwortlich (10).

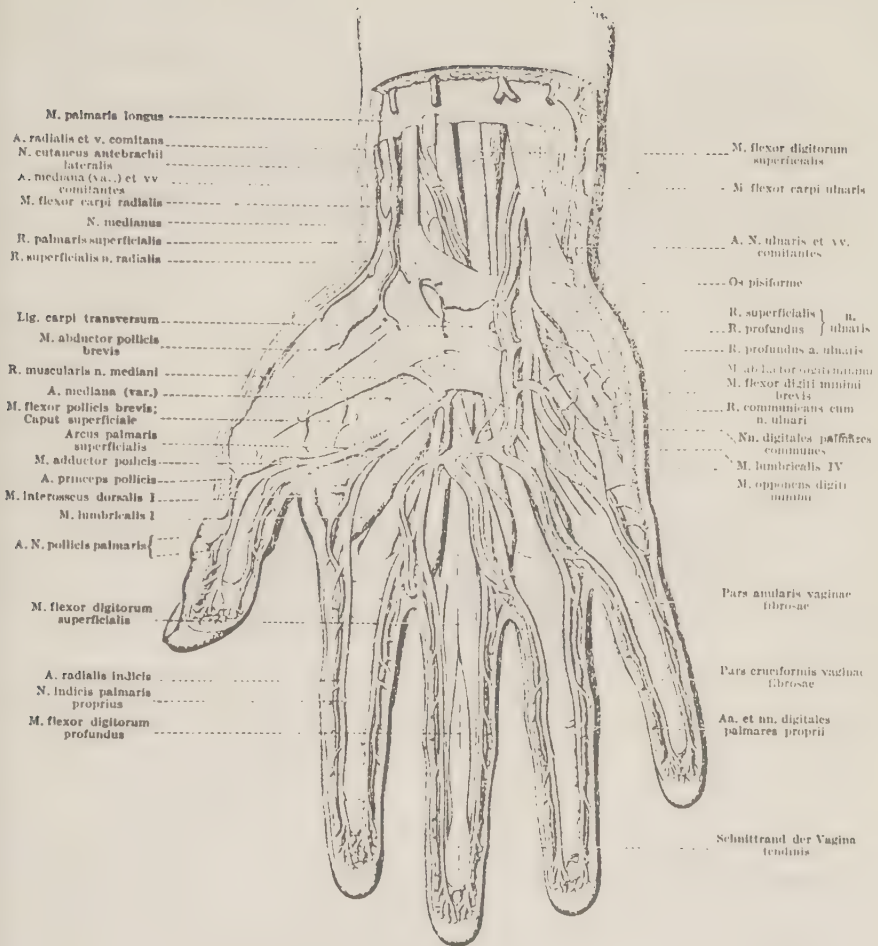


Abb. 1 : Topographie der rechten Hohlhand und Handwurzelbeuge.

Die Aponeurosis palmaris wurde entfernt. Die Sehnenscheide am Mittelfinger gespalten.

Aus: Hafferl, Lehrbuch der Topographischen Anatomie, 2. Aufl.

Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1957

Im Bereich des CT ist der N. medianus bereits in einzelne Faszikel aufgeteilt, die für die verschiedenen Bereiche der Hand bestimmt sind. Daraus erklärt sich, daß bei beginnender Kompression nicht der gesamte Versorgungsbereich des Nerven betroffen ist, sondern nur einzelne Äste (20) (Abb. 2).

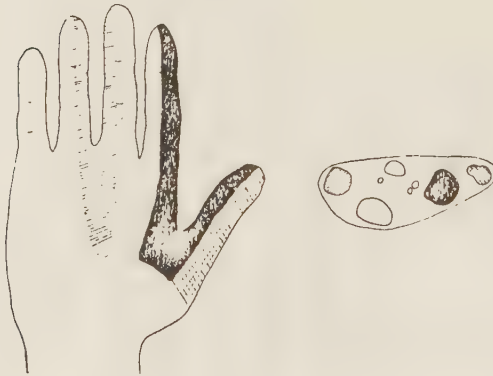


Abb. 2: Verteilung der Fasern des N. medianus im Handgelenk (Querschnitt) und ihre Zugehörigkeit zu den verschiedenen von ihnen versorgten Fingern.

(Weiß dargestellt sind die motorischen Äste für den Thenar und die beiden ersten Mm. lumbricales.

(Aus: Rank, Warfield: Surgery of repair as applied to hand surgery p. 22, Livingstone, London 1953)

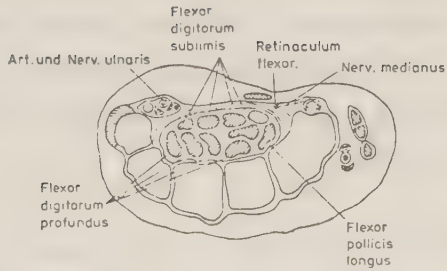


Abb. 3 : Frontaler Querschnitt des linken Handgelenks mit dem Carpal tunnel (Aus: J. Amer. Med. Association Suppl. 5 751, 1973)

#### 4. Pathophysiologie

Die bisher über die Pathophysiologie komprimierter Nerven gewonnenen Erkenntnisse stützen sich in erster Linie auf die Ergebnisse von Tierexperimenten. Erstes Stadium der Schädigung ist ein intraneurales Ödem durch Obstruktion der Vasa nervorum, das zu einer Kaliberminderung der Axone mit fibrösem Ersatz führt (80, 87 und 96). Solche Kaliberreduktionen wurden auch bei Patienten mit CTS gefunden (91).

## 5. Krankheitsbild

### 5.1. Subjektive Symptome

Die oben beschriebenen häufigen anatomischen Varianten in den Endverzweigungen des N. medianus sind nach A. BENINI (9) in erster Linie der Grund für das vielfältige Beschwerdebild bei gleichem pathogenetischem Mechanismus.

Häufigstes und meist erstes Symptom sind Paraesthesien und Dysaesthesien in Form von "Kribbeln", "Abgestorbensein", "Einschlafen" und "Schmerzen" im radialen Teil der Hand (9 und 32). Die Mißempfindungen treten häufig nachts verstärkt auf. Durch die allgemeine nächtliche Kreislaufverlangsamung tritt eine venöse Stauung - auch in den Gefäßen der Synovialis der Flexussehnen am Handgelenk - auf und führt zu einer verstärkten Kompression des N. medianus (10). Die Mißempfindungen strahlen oft bis zum Ellenbogengelenk oder bis zum Nacken aus und sind durch Schütteln oder Reiben der Hände zu bessern (10). Diese "Brachialgia paraesthetica nocturna" kann so schwer sein, daß dem Patienten kein normaler Nachtschlaf mehr möglich ist. Es wird von 2 Patientinnen berichtet, die wegen dieser Schmerzen Suicidversuche unternommen haben (52). Auch das Handgelenk speziell beanspruchende Hantierungen wie Stricken, Schreibmaschineschreiben, Autofahren etc. können die Paraesthesien auslösen.

Als zweithäufigstes Symptom wird ein Schwächegefühl in der betroffenen Hand geschildert, das vor allem die Feinmotorik beeinträchtigt (9 und 19). Besonders morgens ist der Umgang mit Tassen, Schüsseln, Feuerzeugen oder Wäscheklammern erschwert (52).

Als weitere Symptome werden genannt:

Das Gefühl eines "toten oder fremden" Fingers, das am häufigsten den Daumen betrifft, Störungen der Oberflächensensibilität im Gebiet der Medianusinnervation (61), ein Gefühl des Geschwollenseins der Finger (9 und 11), ein Gefühl der Hitze in der Hand, Kälte- oder Wärmeüberempfindlichkeit und vermehrte oder verminderte Schweißsekretion der Hand (9).

## 5.2. Objektive Befunde

Die objektiven Zeichen der Medianusschädigung im CT sind im Gegensatz zu den subjektiven Symptomen streng auf den Bereich distal des Retinaculum flexorum beschränkt (10).

Objektivierbare Störungen der Sensibilität, die in der Regel nach distal zunehmen, fanden BENINI in 72 % der Fälle (9), PHALEN in 83 % der Fälle (74) und KAESER (43) in 34 % der Fälle.

Die sichtbare Atrophie oder Hypotrophie und Parese der Daumenballenmuskulatur hat meist erstaunlich geringe funktionelle Einbußen zur Folge, weil es den Patienten gelingt, die Ausfälle durch ulnarisinnervierte Muskeln zu ersetzen.

Trophische Störungen wie Atrophie der Haut, zyanotische Verfärbungen der ersten drei Finger, Störungen der Schweißsekretion und Ulcerationen sind wesentlich seltener (9 und 42). 20 bis 25 % der Patienten mit CTS weisen keine objektiven Zeichen einer Kompression des N. medianus auf (10).

## 6. Diagnose

### 6.1. Provokationstests

Zur Orientierung ohne großen technischen Aufwand stehen einige Provokationstests zur Verfügung:

Beim TINEL-HOFFMANN-Test wird untersucht, ob durch leichtes Drücken oder Beklopfen des N. medianus am proximalen Rand des Retinaculum flexorum Paraesthesien ausgelöst werden können (9, 75, 76 und 78).

Beim Test nach PHALEN wird der N. medianus durch starke Flexion der Hand (z.B. gegen eine Tischkante) zwischen proximalem Rand des Retinaculum flexorum und den Flexorsehnen komprimiert. Patienten mit verengtem CT verspüren dabei schon eher Schmerzen und Paraesthesien als Personen ohne CTS. Als pathologisch wird ein Auftreten vor Ablauf von 60 Sekunden angesehen. Dieser Test ist bei etwa 50 % der Patienten positiv (10, 43, 75 und 78).

Der Extensionstest nach BRAIN beruht auf dem gleichen Prinzip, nur werden die Hände extendiert anstatt flektiert (16 und 43).

Beim pneumatic tourniquet test nach GILLATT und WILSON (35) wird mittels einer Blutdruckmanschette eine Blutleere erzeugt, die bei Patienten mit CTS nach 30 bis 60 Sekunden Paraesthesien provozieren soll.

Die Atrophie der Daumenballenmuskulatur kann mit dem Flaschentest nach LUETHI verifiziert werden. Dabei läßt man den Patienten mit der betroffenen Hand den Hals einer Flasche umschließen und sieht, daß eine Lücke zwischen Schwimnfalte und Flasche bestehen bleibt. Außerdem kann der Patient mit Daumen und Zeigefinger keinen Kreis mehr formen (56).

## 6.2. Elektrographische Untersuchungen

Elektrographische Untersuchungen sind vor allem bei klinisch unklaren Fällen zur Überprüfung des therapeutischen Erfolgs indiziert (9 und 90). Einige Autoren halten sie für einen unabdingbaren Bestandteil der Diagnose (2). Nach KAESER (44) und THOMAS und LAMBERT (89, 90 und 91) werden folgende pathologische Befunde erhoben:

Verlangsamte motorische Nervenleitgeschwindigkeit des N. medianus im CT zwischen Handgelenk und Thenarmuskulatur. Eindeutig pathologisch sind Werte über 4,7 msec.

Seitendifferenz der distalen motorischen Latenzzeit von mehr als 1 msec, wenn beide Hände im Normalbereich liegen.

Verlangsamte distale sensorische Nervenleitgeschwindigkeit; pathologisch sind Werte von mehr als 3,5 msec.

Seitendifferenz der distalen sensorischen Nervenleitgeschwindigkeit, die größer als 0,5 msec sind, wenn beide Hände sich im Normbereich befinden.

Fibrillationspotentiale in der vom N. medianus innervierten Muskulatur.

Verlängertes Anhalten von evozierten Muskelaktionspotentialen.

Verminderte Amplitude der evozierten Muskelaktionspotentiale in der medianusinnervierten Handmuskulatur.

### 6.3. Röntgenologische Untersuchungen

Röntgenuntersuchungen erscheinen nur beim posttraumatischen CTS und bei palpatorisch erhärtetem Verdacht auf Knochenanomalien mit speziell entwickelten Aufnahmetechniken gerechtfertigt (39 und 63).

### 7. Differentialdiagnose

Differentialdiagnostische Schwierigkeiten können - vor allem bei beidseitig auftretendem CTS - cervikale Wurzelschädigungen im Bereich von C 6 und C 7 bereiten, weil diese Wurzeln das sensible Gebiet des N. medianus versorgen. Den Wurzelschädigungen liegen meist spondylotische bzw. spondylarthrotische Veränderungen der HWS mit Randzackenbildung und Einengung der Foramina intervertebralia zu Grunde, seltener ein Diskusprolaps (10 und 71). Zu beachten ist, daß in der betroffenen Altersgruppe röntgenologisch fast immer schon Zeichen einer degenerativen Veränderung der HWS vorliegen und daß das CTS und cervikale Radikulopathien gleichzeitig vorkommen können, evtl. noch in Verbindung mit einer Periarthritis humero-scapularis (10 und 52).

Als zweites müssen Schädigungen des N. medianus proximal des CT differentialdiagnostisch in Erwägung gezogen werden. Dabei sind neben traumatischen Schädigungen vor allem 2 Kompressionssyndrome wichtig:

Das supracondyläre Oberarmsyndrom, wo der N. medianus kurz vor dem Eintritt in die Ellenbeuge zusammen mit der A. brachialis einen Kanal durchlaufen muß, gebildet vom Processus supracondylaris und vom Epicondylus ulnaris (71) und das Pronator teres-Syndrom, wo der N. medianus im proximalen

Drittel des Unterarmes zwischen den beiden Bäuchen des M. pronator teres geschädigt wird (10). Bei diesen beiden Syndromen ist außer der medianus-innervierten Handmuskulatur auch die des Unterarmes betroffen, die Diagnose also klinisch und vor allem elektromyographisch eindeutig.

Im folgenden werden noch Krankheitsbilder genannt, die Akroparaesthesien ähnlich denen beim CTS verursachen können. Auch hier schützen aber das Beachten der Verteilungsmuster von sensiblen und motorischen Ausfällen und die sorgfältige elektromyographische Untersuchung vor einer Fehldiagnose. Es ist zu denken an (26 und 71):

Parietale, cortikale und subcortikale Läsionen

Medulläre Erkrankungen (multilokuläre Sklerose, Syringomyelie, intramedulläre cervikale Tumoren)

Extramedulläre intraspinale Tumoren

Pancoast-Syndrom

Kompressionssyndrome im Schultergürtelbereich (Scalenus-Syndrom, Halsrippen-Syndrom, Costoclavicular-Syndrom, Hyperabduktions-Syndrom)

Strahlenschädigungen des Plexus cerviko-brachialis

Radikuläre Neuritiden

Raynaud-Syndrom

Glomus-Tumoren

Coronare Herzkrankheit

## 8. Epidemiologie

### 8.1. Häufigkeit

Genaue Angaben zur Häufigkeit sind in der Literatur nicht zu finden und derzeit wohl auch nicht möglich (48). Sicher ist aber davon auszugehen, daß das CTS das häufigste chronische Kompressionssyndrom peripherer Nerven überhaupt ist (79) und auch die häufigste Ursache von Schmerzen und Paraesthesien der oberen Extremität darstellt (9).

### 8.2. Geschlechtsverteilung

A. BENINI ermittelte bei allen bis 1974 in der Literatur angegebenen Fällen ein Verhältnis Frauen zu Männer von 2,4 : 1 (9).

### 8.3. Altersverteilung

Aus dem bisher in der Literatur erschienenen Untersuchungen geht hervor, daß das CTS vermehrt nach dem 40. Lebensjahr diagnostiziert und behandelt wird. Vor dem 20. Lebensjahr stellt es einen ausgesprochen seltenen Befund dar.

### 8.4. Bevorzugte Berufsgruppen

Vermehrt zu finden ist das CTS vor allem in Berufen, die über längere Zeit wiederholte Flexion oder Extension des Handgelenks erfordern. Durch eine fortgesetzte multiple Mikrotraumatisierung des Handgelenks bei der täglichen Arbeit wird eine unspezifische Tenosynovialitis erzeugt. Heute sind davon besonders betroffen: Sekretärinnen, Hausfrauen, Zahnärzte, Schreiner, Schlosser, Schneider, Landwirte und Zitherspieler. Früher waren typisch

und häufig betroffen: Melker, Zigarrendreher, Plätterinnen und Waschfrauen. Häufig tritt das CTS auch bei Patienten auf, die längere Zeit an Krücken gehen müssen (16, 42, 43, 74, 75, 78, 88 und 101). BIRBECK fand bei 79 % von 658 Patienten mit CTS einen Beruf oder ein Hobby, die eine ständige Beanspruchung des Handgelenks erforderten (13).

#### 8.5. Familiäres Vorkommen

Einige Autoren ziehen die Möglichkeit eines familiären Vorkommens des CTS in Betracht (24 und 38). Die Häufigkeit familiären Auftretens ist aber so gering, daß man davon ausgehen kann, daß hereditäre Faktoren bei der Genese des CTS keine wesentliche Rolle spielen (9, 11, 58 und 76).

#### 9. Ätiologie und Pathogenese

Als unmittelbare Ursache des CTS wird intraoperativ meist eine Schwellung der Synovialis der Beugesehnen gefunden. Diese Schwellung führt zu einem Mißverhältnis von Lumen und Inhalt des CT, das die Kompression des N. medianus verursacht. Spezifische Ursachen für diese Schwellung oder auch andere Ursachen eines CTS sind gegenüber der sogenannten "idiopathischen Form des CTS" verhältnismäßig selten (10).

Die Ursache der idiopathischen Form des CTS ist wahrscheinlich auf

2 Faktoren zurückzuführen:

1. Auf einen besonders eng angelegten CT.

2. Auf eine übermäßige Beanspruchung, die eine unspezifische Schwellung

und Entzündung der synovialen Beugesehnenscheiden verursacht. Diese Annahme

wird gestützt durch die Tatsache, daß mehr als 3/4 der Patienten mit einem CTS einen Beruf oder ein Hobby mit starker Beanspruchung des Handgelenks aufweisen (13) und daß bei einseitigem CTS fast immer die Arbeitshand betroffen ist (10). Abgesehen von der idiopathischen Form des CTS gibt es noch eine Reihe von ätiologisch pathogenetischen Faktoren:

#### Kongenitale Mißbildungen

Kongenitale Anomalien sind nicht sehr häufig und meist nicht unmittelbare Ursache, sondern praedisponierendes Moment eines CTS (10). Am häufigsten sind Varianten der Hand- und Unterarmmuskulatur, deren Muskelbäuche sich in den CT erstrecken und zu einer Raumbeengung führen (17 und 88). Seltener finden sich Anomalien an den Handwurzelknochen (9) oder eine sehr große, persistierende oder thrombosierte A. mediana (60).

#### Traumen mit akuter Kompression des N. medianus

Das (recht seltene) Entstehen eines akuten CTS nach einem Trauma ist in der Regel auf ein Hämatom im CT zurückzuführen (1 und 12), seltener auf eine Verbrennung der volaren Seite von Handgelenk oder Unterarm (1 und 10).

#### Traumen mit chronischer Kompression des N. medianus

Ein CTS als Spätkomplikation eines Traumas wurde vor allem bei distalen Radiusfrakturen an typischer Stelle beschrieben (1, 9, 12, 21, 43, 67, 81, 97 und 101). Als seltene Ursachen eines traumatischen CTS werden auch diskutiert: Frakturen oder Luxationen der Handwurzelknochen (12, 39, 51 und 101), Morbus KIENBÖCK (22), Frakturen der Mittelhandknochen (77, 81 und

95), Luxationen der carpometacarpalen Gelenke (81), Schnittverletzungen, Säureverätzungen, Elektrotraumen (1, 43 und 97), iatrogenes CTS bei der Ruhigstellung von Frakturen (9) und CTS durch aufsteigende Tenosynovialitis nach Traumen distal des Handgelenks (18).

#### Entzündungen

Bei einer Tenosynovialitis bakterieller, viraler oder mykotischer Genese erfolgt der Druck auf den N. medianus im CT durch die ödematös geschwollenen entzündeten Sehnenscheiden. Häufigste bakterielle Entzündung der Beugesehnenscheiden scheint die tuberkulöse zu sein (9, 11, 43, 47 und 69).

#### Vaskuläre Erkrankungen

Ein spontanes intraneurales Hämatom nach Ruptur arteriosklerotisch veränderter Vasa nervorum (40), Thrombophlebitis im CT (9) oder Aneurysmen der Handgelenksarterien (9) können in seltenen Fällen ein CTS verursachen.

Die veränderte Durchblutung des Unterarms durch arterio-venöse Shunts bei Haemodialyse-Patienten und Varianten der Vasa nervorum des N. medianus werden wegen der entstehenden Ischämie des Nerven als pathogenetische Faktoren diskutiert (45).

Das gleichzeitige Auftreten von CTS und Raynaudphänomen ist auf die Kompression der vegetativ sympathischen Anteile des N. medianus zurückzuführen. Bei erfolgreicher Behandlung des CTS bilden sich auch die vasomotorischen Erscheinungen an den Fingern zurück (10, 53, 70, 77 und 88).

#### Blutgerinnungsstörungen

Eine Kompression des N. medianus durch Hämatome im CT ist bei Hämophilie keine Rarität (9 und 46), während sie bei Patienten unter Antikoagulationen extrem selten auftreten (84).

#### Tumoren

Neurinome und Neurofibrome des N. medianus können die Symptome eines CTS erzeugen, ohne unbedingt im CT lokalisiert zu sein (4), sind aber ebenso selten Ursache eines CTS wie intraneurale Lipome, intraneurale Haemangiome oder extraneurale Tumoren wie Haemangiome, Lipome, Ganglien und Tumoren der Handwurzelknochen (9, 41, 69, 78 und 88).

Auch Tumoren des blutbildenden Systems wie Myelome (25 und 77), Lymphome und Leukämien (15) spielen bei der Ätiologie des CTS nur eine geringe Rolle.

#### Systemerkrankungen

Gehäuftes Auftreten eines CTS ist bei Patienten mit Mucopolysaccharidosen und Mucopolipidosen zu beobachten (84 und 86). Das extrem seltene Auftreten eines CTS bei Kindern sollte daher an eine dieser Erkrankungen denken lassen (84).

Amyloidablagerung in der Synovialis der Beugesehnen-scheiden und im Retinaculum flexorum kann bei primärer oder sekundärer Amyloidose ein CTS verursachen. Oft tritt das CTS als erstes Symptom der Erkrankung in Erscheinung (5, 58 und 77).

Während Druckschädigungen des N. medianus im CT beim rheumatischen Fieber nicht bekannt sind, gilt die chronische Polyarthrititis als diejenige Erkrankung, die am häufigsten in Verbindung mit einem CTS auftritt (7, 10, 22 und 78). Vereinzelt treten Erkrankungen aus dem pararheumatischen Bereich (Lupus erythematoses, Sklerodermie, Panarteriitis nodosa, Dermatomyositis) zusammen mit einem CTS auf. Pathogenetische Zusammenhänge sind aber fraglich (9).

#### Endokrine Störungen

Als Ursache für das häufige Auftreten eines CTS bei Akromegalie scheinen Schwellungen der Beugesehnensynovialis, des Retinaculum flexorum und des Peri- und Epineuriums des N. medianus eher eine Rolle zu spielen als die bei der Erkrankung auftretenden Veränderungen an den Handwurzelknochen (9 und 10). Der N. medianus ist der einzige periphere Nerv, der bei Akromegalie mitbetroffen ist (10, 11, 21, 23, 43, 65 und 100).

Häufiges gemeinsames Vorkommen von CTS und Myxödem sind auf eine ödematöse Schwellung der Synovialis der Flexorsehnen zurückzuführen. Bei Erreichen einer euthyreoten Stoffwechsellage lassen die Beschwerden in der Regel nach (9, 19, 85 und 100).

Während der letzten 3 Schwangerschaftsmonate, oft auch schon früher, treten bei etwa ein Viertel der Schwangeren schmerzhaftes Paraesthesien im Medianusgebiet auf (10). Ursache ist das Schwangerschaftsödem mit allgemeiner Bindegewebsauflockerung, bedingt durch vermehrte Produktion von Relaxin und Aldosteron (10, 11, 43 und 63).

Erstes Auftreten eines CTS oder Verschlechterung eines bereits bestehenden CTS fallen häufig mit dem Beginn des Klimakteriums zusammen. Manchmal findet sich das Syndrom auch bei jungen Frauen nach Hysterektomie (10 und 14). Als Ursache sind, wie in der Schwangerschaft, vermehrte Natrium- und Wasserretention anzunehmen (9, 11 und 43). Klimakterium und Erkrankungen aus dem rheumatischen Formenkreis sind diejenigen patho- bzw. paraphysiologischen Zustände, die am häufigsten in Verbindung mit einem CTS zu finden sind (9 und 10).

Die pathogenetische Rolle der diabetischen Polyneuropathie bei CTS ist umstritten (9, 11 und 100). In mehreren Arbeiten wird darauf hingewiesen, daß ein CTS bei Diabetes auch auf einer diabetischen Mononeuropathie beruhen kann, deren Therapie nicht vernachlässigt werden darf (62).

Gichttophi im Bereich des CT können den N. medianus komprimieren und ein CTS auslösen. Da die Tophi sehr groß sein müssen, um Symptome zu erzeugen, ist ein CTS bei Gicht relativ selten (9, 10, 72 und 78). Noch seltener tritt ein CTS bei Kalkgicht auf, bedingt durch einen Hyperparathyreoidismus (93).

Zum pathogenetischen Zusammenhang einer B<sub>6</sub>-Avitaminose mit dem CTS findet sich in der Literatur eine Studie, in der über die Heilung des CTS durch Behandlung der Avitaminose berichtet wird (28).

## 10. Therapie

### 10.1. Konservative Therapie

Eine ausschließlich konservative Behandlung soll erfolgen, wenn das CTS in Zusammenhang mit einer Schwangerschaft oder einem Hypothyreoidismus auftritt, da nach Erreichen einer euthyreoten Stoffwechsellage bzw. post partum mit Rückbildung der Beschwerden zu rechnen ist (9 und 10). Von einigen Autoren wird konservatives Vorgehen auch im Anfangsstadium der Krankheit (keine Parese, keine dauernden Sensibilitätsausfälle) gefordert, da spontane Rückbildungen der Beschwerden vorgekommen sind (52).

Einfachste therapeutische Möglichkeiten sind Vermeidung von stärkeren mechanischen Beanspruchungen der Hand und Ruhigstellung auf einer gepolsterten Volarschiene (6 und 10). Antiphlogistika und Diuretika bei Ödemneigung werden manchmal empfohlen (51). Wirksamste konservative Maßnahme ist die Infiltration von Hydrocortison in den Carpaltunnel, wobei eine Frequenz von 3mal pro Woche nicht überschritten werden soll. Es können dabei aber iatrogene Schädigungen des N. medianus erzeugt werden (10, 29, 48, 52 und 68). Der Erfolg einer ausschließlich konservativen Therapie scheint vor allem im fortgeschrittenen Stadium der Krankheit wegen der hohen Zahl von Rezidiven zweifelhaft (29 und 37).

### 10.2. Chirurgische Therapie

Eine chirurgische Behandlung ist indiziert beim Vorliegen sensomotorischer, elektromyographisch verifizierbarer Zeichen einer Medianuslähmung und wenn intensive Schmerzzustände oder Paraesthesien vorliegen (52, 68 und 82).

Der Eingriff wird in Oberarmblutleere bei Plexusanästhesie oder Allgemein-narkose vorgenommen (29 und 98). Ziel des Eingriffs ist die Spaltung des Retinaculum flexorum, die Darstellung des N. medianus bis zu seinen Endaufzweigungen einschließlich seines Ramus thenaris, die Darstellung des Bodens des CT und der Beugesehnen. Um eine derartig gründliche Exploration des CT zu ermöglichen, wird derzeit von den meisten Autoren ein s-förmiger Schnitt empfohlen, der vom distalen Drittel des Unterarms bis zum distalen Drittel des ulnaren Daumenballenrandes reicht. Ist ein M. palmaris longus vorhanden, wird seine Sehne durchtrennt und reseziert. Anschließend werden die distale Unterarmfascie, das Ligamentum carpi volare und das Retinaculum flexorum in seiner gesamten Breite, etwas ulnar von der Mittellinie, durchtrennt. Ist der CT sehr eng, wird das Retinaculum flexorum an beiden Rändern 2 bis 3 mm reseziert.

Bei der Operation muß besonders auf Darstellung und Schonung des Ramus thenaris und des Ramus palmaris des N. medianus, auf den N. antebrachii radialis und auf evtl. vorhandene Anastomosen zwischen dem N. medianus und dem N. ulnaris geachtet werden, um schmerzhaftes Neurombildungen zu vermeiden. Wenn ein M. palmaris brevis vorhanden ist, wird er ebenfalls gespalten. Ist die Synovialis der Beugesehnenscheiden entzündlich verändert, so ist eine Synovialektomie indiziert. Evtl. im CT vorhandene Ganglien, Gichttophi oder Tumoren werden entfernt, ebenso eine bestehende A. mediana oder thrombosierte Venen oder Begleitarterien. Ist der Nerv von verdicktem Epineurium umgeben, wird es gespalten und weitgehend entfernt. Bei intraneuraler Fibrosierung wird eine intraneurale Neurolyse vorgenommen (9, 10, 20 und 98). Routinemäßige Neurolyse scheint nicht angebracht zu sein (9 und 10).

Nach Öffnen der Blutleere wird eine heiße, mit physiologischer Kochsalzlösung getränkte Kompresse aufgelegt und bei Bestehen stärkerer kapillärer Blutungen eine Redondrainage eingelegt. Nach Verschließen der Wunde durch eine subkutane Naht werden ein Druckverband und eine dorsale Gipslonguette angebracht (98).

Die Gipsschiene wird am 5. postoperativen Tag abgenommen. Es folgen krankengymnastische und Reizstrombehandlung. 3 Monate nach der Operation wird eine elektroneurographische bzw. elektromyographische Kontrolluntersuchung empfohlen (32 und 98).

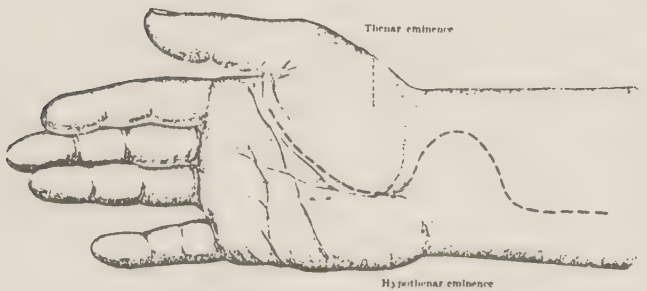


Abb. 4 : Empfohlene Schnittführung bei der Exploration des Carpaltunnels  
(Aus: Kempe, operative Neurosurgery, Springer, Berlin 1968/70,  
nach Schweiz. Rundschau Med. (praxis) 63 (1974))

## 11. Prognose

Das Ergebnis einer korrekt durchgeführten Operation bei CTS ist in der Regel prompt und dauerhaft positiv. Schmerzen und Paraesthesien verschwinden bei über 90 % der Fälle (10 und 48), elektromyographisch nachgewiesene Sensibilitätsstörungen bilden sich in 70 bis 75 % der Fälle zurück (20 und 100), Lähmungen und Atrophien der Thenarmuskulatur können nur bei weniger als 50 % zum Verschwinden gebracht werden (10 und 37). Tab. 1 zeigt die Zusammenstellung einiger Veröffentlichungen mit Operationsergebnissen beim CTS.

Tab. 1      Zusammenstellung einiger Operationsresultate  
der Literatur der letzten Jahre

| Autor           | Zahl der Fälle | Geheilt | Gebessert | Unbeeinflusst |
|-----------------|----------------|---------|-----------|---------------|
| Benini (9)      | 120            | 64 %    | 25 %      | 11 %          |
| Berlinger (11)  | 134            | 52 %    | 36 %      | 12 %          |
| Cszeuz (23)     | 313            | 81 %    | 10 %      | 9 %           |
| Gainer (31)     | 326            | 51 %    | 41 %      | 8 %           |
| Garland (33)    | 33             | 89 %    | 11 %      |               |
| Gay (34)        | 35             | 100 %   |           |               |
| Lehner (50)     | 49             | 59 %    | 42 %      |               |
| Linscheid (53)  | 15             | 100 %   |           |               |
| Loong (54)      | 291            | 85 %    | 15 %      |               |
| Mletsko (65)    | 20             | 50 %    | 30 %      | 20 %          |
| Paine (72a)     | 133            | 98 %    |           | 2 %           |
| Phalen (77)     | 312            | 74 %    | 18 %      | 8 %           |
| Posch (79)      | 290            | 80 %    | 10 %      | 10 %          |
| Scoccianti (82) | 430            | 88,37 % | 5,35 %    | 6,28 %        |
| Sample (83)     | 150            | 75 %    |           | 25 %          |

## B. Spezieller Teil

### 12. Patientengut und Methodik

#### 12.1. Epidemiologie

Zwischen 1970 und 1979 wurden im Krankenhaus München-Harlaching 41 Hände bei 36 Patienten wegen eines CTS operiert. Die Operationshäufigkeit stieg bis 1979 stetig an. In den Jahren 1978 und 1979 wurde jeweils etwa die gleiche Anzahl Patienten operiert wie in den Jahren 1970 bis 1977 zusammen. (Abb. 5)

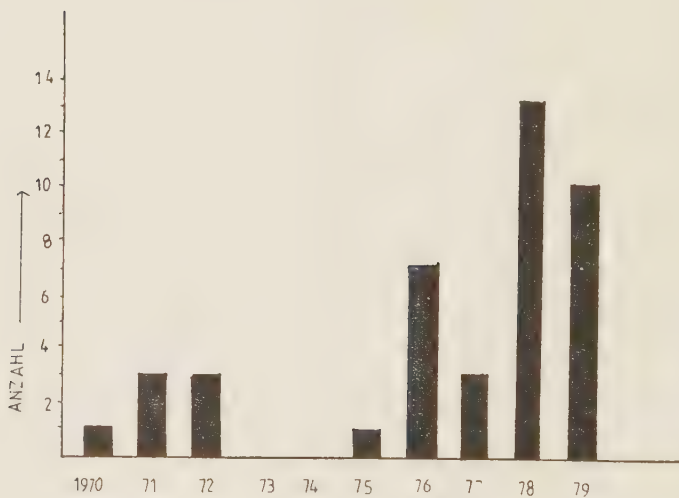


Abb. 5: Verteilung der Operationen von 1970 bis 1979

Es waren 28 Frauen und 8 Männer betroffen (Verhältnis Frauen zu Männer 3,5 : 1). 5 Patienten wurden an beiden Händen operiert, 22 Patienten rechts und 9 Patienten links.

8 Patienten hatten zwar Beschwerden an beiden Händen, die Indikation zur Operation wurde aber nur an einer Hand gestellt (Tab. 2). Die Arbeitshand war signifikant öfter betroffen als die Gegenhand (Abb. 6). Es fällt aber auf, daß bei unserem Patientengut die Gegenhand wesentlich häufiger befallen war als in den bisher publizierten Studien.

Die jüngste Patientin war eine 19-jährige Sportstudentin, die älteste eine 83-jährige Hausfrau. 64 % der Patienten befanden sich im 4., 5. oder 6. Lebensjahrzehnt (Abb. 7). Im Durchschnitt waren die Patienten bei der Operation 54,3 Jahre alt. Die Gruppe der 50- bis 60-jährigen machte allein ein Drittel der Patienten aus, was im Einklang mit den veröffentlichten Erfahrungen steht.

Die Dauer vom Auftreten der Beschwerden bis zur Operation betrug von einem Monat bis zu zehn Jahren (Tab. 3). 65 % der Patienten, bei denen eine Anamnesedauer zu ermitteln war, wurden spätestens zwei Jahre nach Beschwerdebeginn operiert. Überraschend hoch ist der Anteil von Patienten, die trotz eingehender Befragung nicht einmal ungefähre Angaben zur Dauer der Anamnese machen konnten.

Tab. 2                      Operationslokalisation

|                                            | Anzahl | Prozent der Gesamtzahl |
|--------------------------------------------|--------|------------------------|
| Beidseitig operiert                        | 5      | 14 %                   |
| Beidseitig befallen,<br>einseitig operiert | 8      | 22 %                   |
| Rechts operiert                            | 22     | 61 %                   |
| Links operiert                             | 9      | 25 %                   |

Die Summe ergibt mehr als 100 %, da die beidseitig befallenen, aber nur einseitig operierten Patienten doppelt genannt werden.

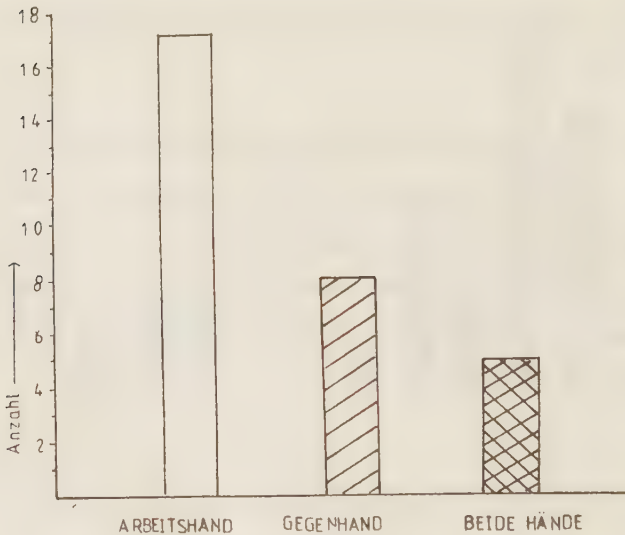


Abb. 6: Lokalisation des Syndroms unter Berücksichtigung  
der Händigkeit (soweit sie zu erfahren war)

Tab. 3                      Anamnesedauer

|                         | Anzahl | Prozent der Fälle |
|-------------------------|--------|-------------------|
| Bis 0,5 Jahre           | 12     | 33,5 %            |
| 0,5 bis 1 Jahr          | 3      | 8 %               |
| 1 bis 2 Jahre           | 4      | 11 %              |
| 2 bis 5 Jahre           | 7      | 20 %              |
| 5 bis 10 Jahre          | 4      | 11 %              |
| Ohne verwertbare Angabe | 6      | 16,5 %            |
| Gesamt                  | 36     | 100 %             |

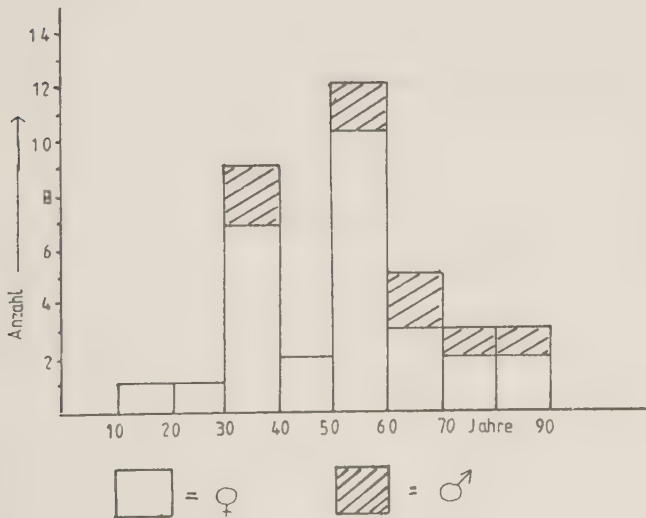


Abb. 7: Alterspyramide

Bei vier Patienten hatte ein Trauma zum Auftreten der Beschwerden geführt, bei fünf Patienten lagen ein Diabetes mellitus, verbunden mit starker Adipositas vor, bei je einem eine rheumatische Polyarthrititis, eine Gicht oder eine Variante des N. medianus im Carpaltunnel. Ein Patient war Dialyse-Patient mit arterio-venösem Shunt. Bei den übrigen 23 Patienten war keine Begleiterkrankung mit ätiopathogenetischem Charakter zu finden. 17 dieser 23 Patienten übten allerdings einen Beruf aus, der eine besondere Beanspruchung des Handgelenks notwendig macht (Tab. 4 und Tab. 5).

Den Großteil dieser Patientengruppe machten Sekretärinnen (6) und Hausfrauen (7) aus. Bei den Sekretärinnen erfolgt die permanente Mikrotraumatisierung des Handgelenks in erster Linie durch Maschinenschreiben, während Hausfrauen eine Unzahl von Tätigkeiten ausüben, die das Handgelenk belasten. Des weiteren fanden sich eine erst 19-jährige Sportstudentin, die erste Beschwerden nach wiederholtem Geräteturnen verspürt hatte, eine Mützenmacherin, die Leder und Felle von Hand zu vernähen hatte, eine Bedienung in einem Münchner Biergarten, die ihre Handgelenke durch das Tragen von Maßkrügen beansprucht hatte und ein Maurer, der in seinem Beruf ebenfalls eine Vielzahl von Tätigkeiten zu verrichten hatte, die das Handgelenk besonders belasten.

Tab. 4 Ätiologische Faktoren

|                         | Anzahl | Prozent der Gesamtzahl |
|-------------------------|--------|------------------------|
| Idiopathische Form      | 23     | 63,5 %                 |
| Trauma                  | 4      | 10,5 %                 |
| Diabetes und Adipositas | 5      | 14 %                   |
| Chronische Polyarthrit  | 1      | 3 %                    |
| Gicht                   | 1      | 3 %                    |
| Medianusvariante        | 1      | 3 %                    |
| Dialysepatient          | 1      | 3 %                    |
| Gesamt                  | 36     | 100 %                  |

Tab. 5 Prädisponierende Berufe bei den Patienten  
mit idiopathischem CTS

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Sekretärin                    | 6 |
| Hausfrau                      | 7 |
| Sportstudentin                | 1 |
| Mützenmacherin                | 1 |
| Maurer                        | 1 |
| Bedienung in einem Biergarten | 1 |
| Unbekannt                     | 6 |

## 12.2. Operationsindikation

Die Indikationsstellung zur Operation stützte sich vor allem auf den klinischen Befund und auf elektrographische Untersuchungen. Im Rahmen der klinischen Befunderhebung hatte vor allem das aktuelle Beschwerdebild besonderes Gewicht.

Bei 3 Patienten (4 Hände) war das klinische Bild so eindeutig, daß auf eine elektrographische Untersuchung verzichtet wurde. Bei 4 Patienten war das Ergebnis der elektrographischen Untersuchung im Krankenblatt nicht mehr auffindbar und bei einer Patientin war die Diagnostik von einem niedergelassenen Neurologen betrieben worden, deren Ergebnisse uns nicht mehr zugänglich waren. Im Rahmen der elektrographischen Diagnostik wurden vor allem die distale motorische Latenz des N. medianus im Bereich des Carpaltunnels bestimmt und elektromyographische Untersuchungen der medianusinnervierten Daumenballenmuskulatur vorgenommen.

Eine Röntgenspezialaufnahme des Carpaltunnels wurde bei 7 Patienten angefertigt.

Der Provokationstest nach TINEL wurde 16mal, der Provokationstest nach PHALEN wurde 4mal zur Diagnostik verwendet.

Der pneumatique tourniquet Test und der Flaschentest nach LUETHY wurden nicht zur Diagnostik herangezogen.

### 12.3. Operationsmethode

Die Operation wurde meist in Allgemeinnarkose vorgenommen (33mal).

Bei besonderer Indikation, d. h. in den meisten Fällen bei Patienten in hohem Alter, wurde auch in Plexusanästhesie (5mal) oder unter einer intravenösen Lokalanästhesie (1mal) operiert. Je nach Operateur wurde eine pneumatische Oberarmblutleere angelegt oder auf sie verzichtet.

Die Schnittführung entsprach der in der Literatur am häufigsten empfohlenen: S-förmiger Schnitt vom mittleren Thenarisdrüsen (einige mm ulnar parallel zur Linea vitalis) zur distalen Handgelenksbeugefalte und von hier bogenförmig nach ulnar, Durchtrennung und Resektion einer evtl. vorhandenen Sehne des M. palmaris longus, anschließend Spaltung des Retinaculum flexorum in seiner gesamten Breite und Resektion eines 2 bis 3 mm breiten Streifens, wenn der Carpal tunnel besonders eng war. Sofern der Ramus thenaris des N. medianus das Retinaculum flexorum durch einen eigenen Hiatus thenaris verließ, wurde auch der Thenariskanal gespalten. Darstellung des N. medianus bis zu seiner distalen Endaufteilung, Darstellung des Ramus thenaris und des variantenreichen Ramus palmaris N. mediani. War das Epineurium verdickt, so wurde es soweit wie möglich reseziert, ebenso eine entzündlich oder narbig veränderte Synovialis der Beugescheiden. Einmal mußte wegen intraneuraler Fibrosierung eine intraneurale Neurolyse vorgenommen werden (Tab. 6).

Nach Lösen der Blutsperrung Auflegen von warmen, NaCl-getränkten Kompressen, Einlegen einer Redondrainage, Verschließen der Wunde durch eine atraumatische Naht, Anlegen eines Verbandes und Ruhigstellung mittels einer dorsalen Gipslonguette, die nach einer Woche abgenommen wurde.

Tab. 6                      Operationsvarianten

|                                             | Anzahl | Prozent der Fälle |
|---------------------------------------------|--------|-------------------|
| Pneumatische Oberarm-<br>blutleere          | 12     | 33,5 %            |
| 3mm-Resektion des<br>Retinaculum flexorum   | 13     | 36 %              |
| Teilsynovektomie der<br>Beugesehnenscheiden | 6      | 16,5 %            |
| Resektion der Palmaris<br>longus-Sehne      | 10     | 28 %              |
| Epineurale Neurolyse                        | 18     | 50 %              |
| Intrafaszikuläre Neurolyse                  | 1      | 3 %               |
| Spaltung des Thenariskanals                 | 4      | 11 %              |

Die Summe ergibt mehr als 100 %, da sich die einzelnen Punkte  
nicht gegenseitig ausschließen

#### 12.4. Nachuntersuchungen

Die Patienten wurden 1 Woche und 4 Wochen nach der Operation einbestellt zur klinischen Kontrolle der motorischen und sensiblen Funktionen des N. medianus. Elektrographische Kontrollen wurden in 4 Fällen vorgenommen.

#### 12.5. Spätkontrolle mit Fragebogen

In einem Zeitraum von mindestens 1 Jahr und höchstens 10 Jahren nach der Operation wurden die Patienten mittels eines standardisierten Fragebogens zur Entwicklung ihrer subjektiven Beschwerden befragt. Wie A. BENINI (9) sind wir der Auffassung, daß bei der Beurteilung des Operationserfolgs mehr den Angaben der Patienten als dem objektiven Befund Rechnung getragen werden muß. Eine geringfügige Verlängerung der Nervenleitgeschwindigkeit oder eine Restatrophie der Daumenballenmuskulatur mit geringen Funktionseinschränkungen, die im täglichen Leben kaum ins Gewicht fallen, sind nicht so schwerwiegend wie die Beseitigung der quälenden Paraesthesien, die die Patienten vor der Operation stark beeinträchtigt hatten. In den Fragebögen wurden die Patienten nach ihren Beschwerden vor der Operation, nach dem tageszeitlichem Auftreten ihrer Beschwerden, nach der Entwicklung der subjektiven Beschwerden unmittelbar nach der Operation und nach den Restbeschwerden zum jetzigen Zeitpunkt befragt. Außerdem wollten wir von den Patienten wissen, ob sie sich noch einmal operieren lassen würden.

### 13. Ergebnisse der Neurolyse des N. medianus

#### 13.1. Symptome und Befunde vor der Operation

Die Kompression des N. medianus im Carpaltunnel verursachte bei den Patienten verschiedenartige subjektive Beschwerdebilder, wobei vor allem über ein Schwächegefühl der Hände mit Schwierigkeiten beim Verrichten feinmotorischer Arbeiten und "Schmerzen" angegeben wurden. Paraesthesien traten in erster Linie in Form von "Kribbeln", "Einschlafen" und Taubheitsgefühl auf. Eine Patientin gab an, überhaupt keine Schmerzen zu haben, sondern nur ein Schwächegefühl der Hände, verursacht durch die Atrophie und Parese der Daumenballenmuskulatur (Abb. 8).

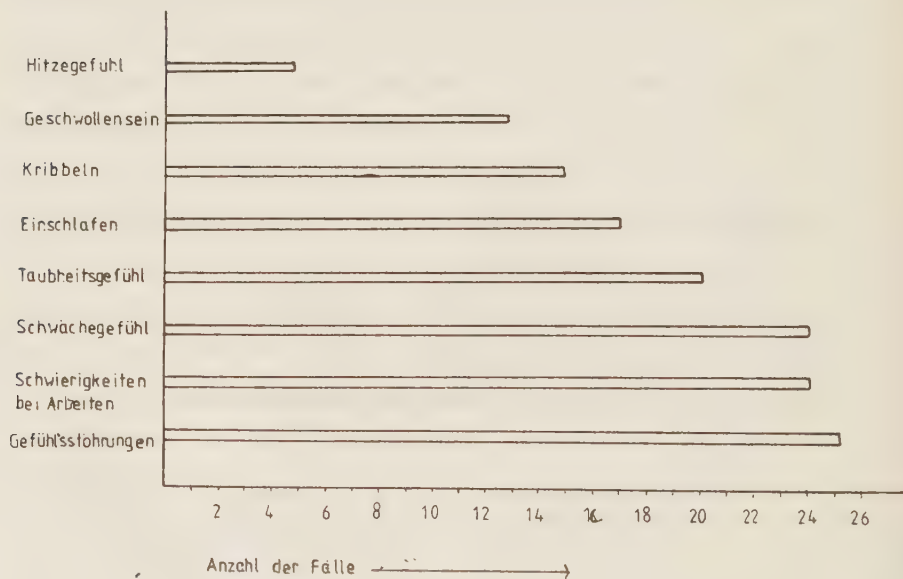


Abb. 8: Häufigkeit verschiedener Formen von Paraesthesien

Zur Lokalisation der Schmerzen und Paraesthesien wurden neben einer strengen Beschränkung auf die ersten 3 1/2 Finger oder auf den medianusinnervierten Teil der Hand Ausstrahlung zum Unterarm, zum Ellenbogengelenk oder bis zur Schulter angegeben (Tab. 7).

Tab. 7                    Lokalisation der Schmerzen

|                                              | Anzahl | Prozent der Fälle   |
|----------------------------------------------|--------|---------------------|
| Schmerzen auf die<br>radialen Finger beschr. | 3      | 10,5 %              |
| Schmerzen in der<br>ganzen Hand              | 8      | 27,5 %              |
| Ausstrahlung bis zum<br>Ellenbogengelenk     | 4      | 14 %                |
| Ausstrahlend bis in<br>die Schulter          | 9      | 31 %                |
| Keine Schmerzen                              | 5      | 17 %                |
| Gesamt                                       | 29     | 100 % der Befragten |

Aufgetreten sind die Beschwerden vor allem nachts und nach besonderer Beanspruchung des Handgelenks. Seltener waren morgendliches oder unregelmäßiges Auftreten der Beschwerden, ständig vorhanden waren sie nur bei 4 Patienten (Tab. 8). Die Gründe für das bevorzugt nächtliche

Auftreten der Paraesthesien wurden im allgemeinen Teil dargestellt. Es stellt ein typisches Merkmal des CTS dar und hat zu der früheren Bezeichnung "Brachialgia paraesthetica nocturna" geführt.

Tab. 8                      Zeitpunkt des hauptsächlich Auftretens  
der Schmerzen

|                             | Anzahl | Prozent der Fälle |
|-----------------------------|--------|-------------------|
| Nachts                      | 19     | 65,5 %            |
| Morgens                     | 6      | 20,5 %            |
| Nach bestimmten Tätigkeiten | 12     | 41,5 %            |
| Unregelmäßig                | 10     | 34,5 %            |
| Ständig                     | 4      | 14 %              |

Die Summe ergibt mehr als 100 %, weil Mehrfachnennungen möglich waren.

Bei der praeoperativen klinischen Untersuchung wurden am häufigsten klinisch objektivierbare Sensibilitätsstörungen gefunden. Die Provokationstests nach TINEL oder PHALEN wurden leider nicht regelmäßig durchgeführt, wobei der PHALEN-Test - wenn durchgeführt - immer positiv war, der TINEL-Test in 3 Fällen auch negativ. Auch der Flaschentest nach LUETHY zur Objektivierung geringer Thenaratrophien wurde nicht durchgeführt. Deutliche Atrophien lagen bei 8 Patienten vor. Bemerkenswert ist, daß bei 7 Patienten mit klinisch und elektrographisch eindeutigem CTS Röntgenspezialaufnahmen des Carpaltunnel angefertigt wurden, die aber keinen Anhalt für einen pathologischen Befund im Carpaltunnel ergaben.

Die elektromyographischen Untersuchungen der medianusinnervierten Thenarismuskulatur objektivierten in 30 Fällen eine Schädigung des N. medianus, sie fielen nur in 2 Fällen negativ aus, in denen dafür aber die distale motorische Latenz der N. medianus deutlich verlängert war. Die distale motorische Latenz des N. medianus im Bereich des Handgelenkes wurde 23mal bestimmt (Abb. 9). In 3 Fällen wies sie nicht auf eine Schädigung des Nerven hin, wobei aber in 2 der 3 Fälle im Elektromyogramm deutliche Zeichen eines peripheren Umbaus zu sehen waren. Die distale sensible Latenz des N. medianus im Bereich des Handgelenkes war in den 4 Fällen, in denen sie bestimmt wurde, deutlich verlängert.

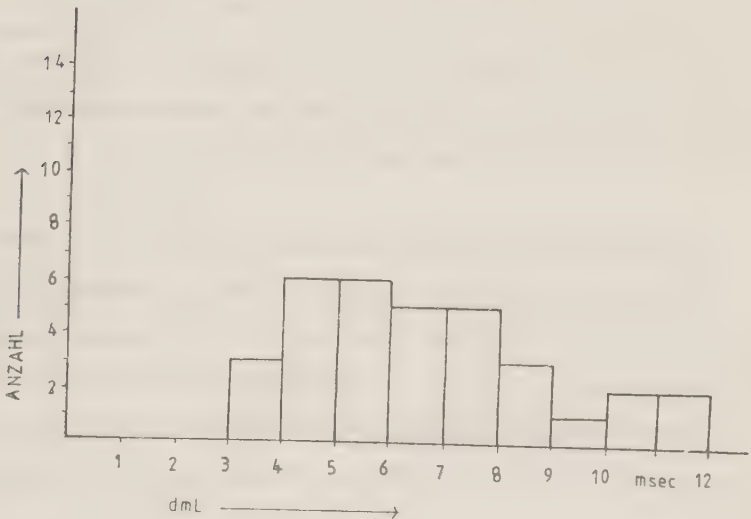


Abb. 9: Praeoperative distale motorische Latenz des N. medianus  
im Bereich des Handgelenkes

### 13.2. Operationsbefunde und Pathologie

Bei der Eröffnung des Carpal隧nells wurde während der Operation in mehr als zwei Drittel der Fälle ein anatomisch-pathologischer Befund erhoben im Sinne einer Einschnürung des N. medianus im Carpal隧nnel mit einer praestenotischen kolbenförmigen Auftreibung des Nerven oder mit einer Verdickung des Nerven im Bereich seines Verlaufes durch den Carpal隧nnel. Je einmal fanden sich eine ausgiebige Verwachsung nach einer posttraumatischen Einblutung und eine Verlaufsvariante des N. medianus. Die Variante bestand in einer Teilung in zwei Stränge, die sich eine handbreit proximal des Handgelenkes wieder vereinigten. Ein Ast verlief unter der Beugemuskulatur im Unterarm, durchbohrte sie und verlief auf der gabelförmig gespaltenen Sehne des M. flexor communis.

Weniger häufig traten verdickte und entzündete Beugesehnenscheiden und ein verdicktes Epineurium des N. medianus in Erscheinung. Das Retinaculum flexorum war in 7 Fällen verdickt und derb (Tab. 9).

Die histo-pathologische Untersuchung der entnommenen Gewebsteile aus dem Retinaculum flexorum und der Synovialis der Beugesehnenscheiden ergab in der Mehrzahl der Fälle einen unauffälligen Befund. In einigen Fällen wurde eine chronisch unspezifische Entzündung diagnostiziert. Seltener wurde Narbengewebe oder eine retikuläre und fettige Durchsetzung des Retinaculum flexorum gefunden (Tab. 10).

Tab. 9<sup>e</sup>

Intraoperative Befunde im Carpaltunnel

|                                                                                                          | Anzahl | Prozent der Fälle |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------|
| Unveränderter N. medianus                                                                                | 8      | 19,5 %            |
| Kompression des N. medianus<br>im Carpaltunnel mit praesteno-<br>tischer kolbenförmiger Auf-<br>treibung | 24     | 58,5 %            |
| Knollige Verdickung des<br>N. medianus im Carpaltunnel                                                   | 3      | 7,5 %             |
| Verdicktes oder entzündetes<br>Epineurium                                                                | 6      | 15 %              |
| Anatomische Variante<br>des N. medianus                                                                  | 1      | 2,5 %             |
| Retinaculum flexorum<br>verdickt und derb                                                                | 7      | 17 %              |
| Beugesehnen verdickt<br>und entzündet                                                                    | 9      | 22 %              |

Die Summe ergibt mehr als 100 %, da sich die Befunde nicht gegenseitig ausschließen

Tab. 10                    Pathologie der entnommenen Teile aus dem  
Retinaculum flexorum und den Beugesehnen

|                                                                   | Anzahl | Prozent der Fälle |
|-------------------------------------------------------------------|--------|-------------------|
| Kein pathologischer Befund                                        | 31     | 75,5 %            |
| Narbengewebe                                                      | 3      | 7,5 %             |
| Unspezifische chronische<br>Synovialitis                          | 5      | 12 %              |
| Retikuläre und fettige Durch-<br>setzung des Retinaculum flexorum | 2      | 5 %               |

### 13.3. Auswertung der Nachuntersuchungsergebnisse

Die 36 Patienten wurden 1 Monat nach der Operation nachuntersucht, wobei vor allem die Entwicklung der motorischen und sensorischen Funktion des N. medianus überprüft wurde. Es ergab sich bei 28 Patienten eine zufriedenstellende Entwicklung, bei 4 Patienten war noch keine Besserung zu erkennen, bei weiteren 4 Patienten war zwar eine Besserung eingetreten, das Zustandsbild aber noch nicht ganz zufriedenstellend.

Bei 4 Patienten wurde eine elektrographische Kontrolle durchgeführt, wobei bei 3 Patienten eine deutliche Besserung zu sehen war, bei der 4. Patientin war in der prae- und in der postoperativen elektrographischen Untersuchung keine Reizantwort festzustellen.

### 13.4. Auswertung der Fragebögen

Die standardisierte Spätkontrolle mittels Fragebogen konnte bei 29 Patienten durchgeführt werden. 3 Patienten waren zum Untersuchungszeitpunkt bereits verstorben. 4 Patienten waren unbekannt verzogen. Die Kontrolle ergab, daß bei 12 Patienten ein sehr gutes Ergebnis erreicht werden konnte, bei 13 Patienten ein befriedigendes und bei 4 Patienten ein nicht ausreichendes (Tab. 11 und 12). 23 Patienten würden sich wieder operieren lassen, 6 würden nicht mehr in eine Operation einwilligen. Von den 6 Patienten, die sich nicht mehr operieren lassen würden, sind nur 3 mit dem Operationsergebnis nicht zufrieden, 3 gaben andere Gründe gegen eine Operation an.

Tab. 11                      Beschwerden am 1. postoperativen Tag

|                          | Anzahl | Prozent der Fälle   |
|--------------------------|--------|---------------------|
| Beschwerden verschwunden | 9      | 31 %                |
| Beschwerden gebessert    | 15     | 52 %                |
| Beschwerden gleich       | 4      | 14 %                |
| Beschwerden schlechter   | 1      | 3 %                 |
| Gesamt                   | 29     | 100 % der Befragten |

Tab. 12                      Beschwerden zum Zeitpunkt der Befragung

|                            | Anzahl | Prozent der Fälle   |
|----------------------------|--------|---------------------|
| Beschwerden verschwunden   | 12     | 41 %                |
| Beschwerden gebessert      | 13     | 45 %                |
| Beschwerden gleich         | 2      | 7 %                 |
| Beschwerden verschlechtert | 2      | 7 %                 |
| Gesamt                     | 29     | 100 % der Befragten |

### 13.4.1. Aufgliederung nach dem Ausmaß der praeoperativ bestehenden Sensibilitätsstörungen

Betrachtet man die Operationsergebnisse unter dem Gesichtspunkt des Ausmaßes der vorbestehenden Sensibilitätsstörungen, so ergibt sich folgendes Bild: Mäßige oder unbefriedigende Resultate wurden nur gefunden bei Patienten mit klinisch starker Beeinträchtigung der Sensibilität, mit einer praeoperativ verlängerten distalen motorischen Latenz des N. medianus im Bereich des Handgelenks von mehr als 4 msec oder einem stark pathologischen Elektromyogramm der medianusinnervierten Daumenballenmuskulatur. Die Gruppe von Patienten, bei der praeoperativ nur geringe oder keine Sensibilitätsstörungen vorgelegen hatten, wies nur sehr gute oder zufriedenstellende Operationsergebnisse auf (Abb. 10).

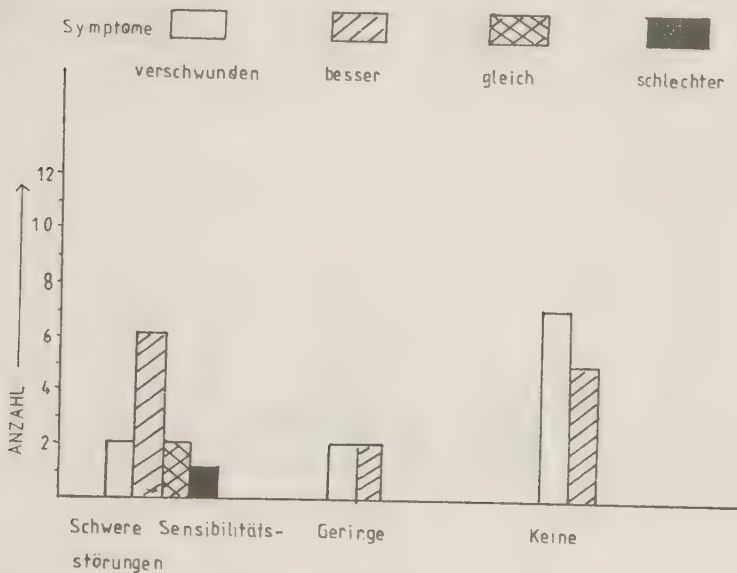


Abb. 10: Operationsergebnisse unter dem Gesichtspunkt der praeoperativ bestehenden Sensibilitätsstörungen

#### 13.4.2. Aufgliederung nach der Anzahl der vorbestehenden Symptome.

Zur Beurteilung der Operationsergebnisse nach dem Gesichtspunkt der Anzahl der praeoperativ bestehenden subjektiven Symptome wurden die Patienten in 3 Gruppen eingeteilt: Gruppe 1 mit weniger als 5 Symptomen, Gruppe 2 mit 5 und 6 Symptomen, Gruppe 3 mit mehr als 6 Symptomen. Die besten Ergebnisse wurden bei der 1. Gruppe erzielt. Hier wurden 66 % völlig beschwerdefrei, während dies in Gruppe 2 nur bei 38 % und in Gruppe 3 nur mehr bei 14 % der Fall war (siehe Abb. 11).

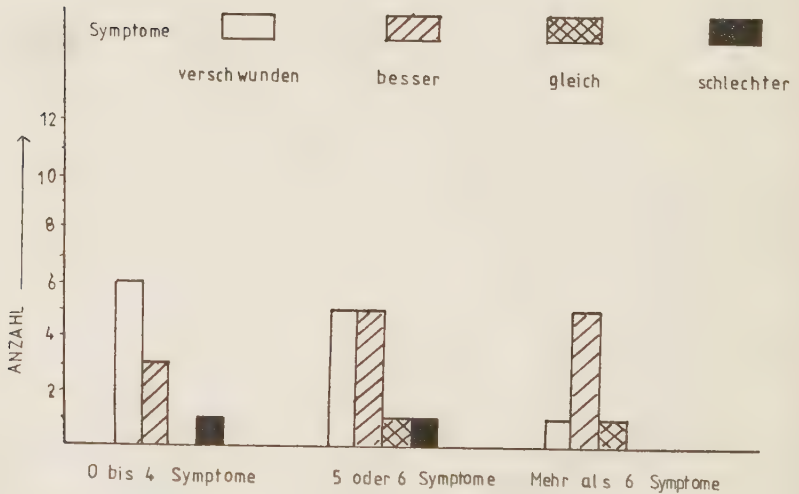


Abb. 11: Operationsergebnisse unter dem Gesichtspunkt der Anzahl vorbestehender Symptome

### 13.4.3. Aufgliederung nach der Dauer der Anamnese

Bei unserem Patientengut hatte die Dauer der Anamnese - soweit sie weniger als 5 Jahre betragen hatte - keinen Einfluß auf das Operationsergebnis. Die Gruppe mit einer Anamnesedauer von maximal 6 Monaten hatte schlechtere Ergebnisse als die Gruppen mit einer Anamnesedauer bis zu 2 bzw. bis zu 5 Jahren. Erst bei den Patienten mit einer Anamnesedauer von mehr als 5 Jahren lagen deutlich schlechtere Ergebnisse vor als in den vorgenannten Gruppen. Hier konnte bei keinem einzigen Patienten mehr eine völlige Beschwerdefreiheit hergestellt werden (Abb. 12).

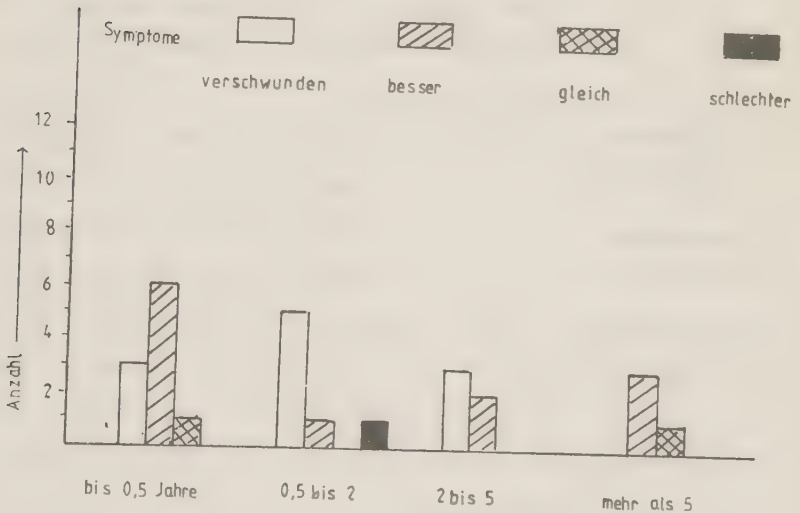


Abb. 12: Operationsergebnisse unter dem Gesichtspunkt der Anamnesedauer

#### 13.4.4. Aufgliederung nach dem Ausmaß der Thenarisatrophie

Vergleicht man die Operationsergebnisse derjenigen Patienten mit einer vorbestehenden Atrophie der Thenarismuskulatur mit den Ergebnissen bei den Patienten, die vor der Operation keine solche Atrophie aufgewiesen hatten, so zeigt sich, daß bei der 1. Gruppe 25 % sehr gute, 37,5 % zufriedenstellende und 37,5 % unbefriedigende Resultate erzielt wurden. Die Patienten ohne Atrophie wiesen in 95 % sehr gute oder zufriedenstellende Ergebnisse auf (siehe Tab. 13).

Tab. 13                      Operationsergebnisse von Patienten mit und ohne vorbestehende Daumenballenatrophie

|                               | Mit Atrophie |             | Ohne Atrophie |             |
|-------------------------------|--------------|-------------|---------------|-------------|
|                               | Anzahl       | % der Fälle | Anzahl        | % der Fälle |
| Beschwerden<br>verschwunden   | 3            | 33,5 %      | 9             | 45 %        |
| Beschwerden<br>gebessert      | 3            | 33,5 %      | 10            | 50 %        |
| Beschwerden<br>gleich         | 2            | 22 %        | 0             |             |
| Beschwerden<br>verschlechtert | 1            | 11 %        | 1             | 5 %         |
| Gesamt                        | 9            | 100 %       | 20            | 100 %       |

#### 14. Diskussion

Das Carpaltunnelsyndrom ist das häufigste chronische Kompressionssyndrom peripherer Nerven überhaupt und auch die häufigste Ursache von Schmerzen und Paraesthesien der oberen Extremität. Obwohl es im allgemeinen immer noch zu wenig bekannt ist, nehmen die Diagnosestellung und Operationshäufigkeit auch an kleineren Kliniken und Allgemeinkrankenhäusern ständig zu. Auch am Städtischen Krankenhaus München-Harlaching erhöhte sich die Operationsfrequenz Ende der 70er Jahre stetig. Diese Zunahme der Operationshäufigkeit auch an kleineren Häusern und nicht nur an handchirurgischen, neurochirurgischen oder orthopädischen Spezialabteilungen großer Kliniken veranlaßte uns dazu, unsere Operationsergebnisse zu überprüfen und mit den Resultaten der Literatur zu vergleichen.

Unsere Spätergebnisse mit über 86 % geheilten oder gebesserten Fällen und knapp 14 % unbeeinflussten oder verschlechterten entspricht in etwa den in den letzten Jahren publizierten Studien. Der Prozentsatz, der mit einer Restitutio ad integrum ausgeheilten Fälle, liegt mit 41,4 % etwas unter den veröffentlichten Ergebnissen anderer Autoren. Dies mag zum einen an der geringeren Operationsroutine unserer Operationsteams oder an der mangelnden postoperativen Betreuung der Patienten in Form von krankengymnastischer oder Reizstrombehandlung liegen. Zum anderen ist aber auch zu bedenken, daß der Operationserfolg nicht von allen Autoren nach den gleichen Kriterien beurteilt wird. Wir schließen uns in der Beurteilung unserer Resultate der Meinung von A. BENINI (9) an, daß bei der Beurteilung des Operations-

erfolges in erster Linie das subjektive Befinden des Patienten berücksichtigt werden muß. Autoren wie der Neurologe KAESER (43), der bei der Beurteilung strenge elektrographische Maßstäbe ansetzt, erzielen naturgemäß schlechtere Ergebnisse als Autoren, die eine Besserung oder Beseitigung der Paraesthesien schon als vollen Operationserfolg werten.

Bei 2 unserer 4 subjektiv verschlechterten oder unveränderten Patienten war elektrographisch und klinisch eine deutliche Besserung des Befundes festzustellen. Der objektive Befund der Nachuntersuchung stand also im Gegensatz zum subjektiven Befinden der Patienten. Eine dieser beiden Patientinnen leidet unter endogenen Depressionen, was die Beurteilung des Operationserfolges problematisiert, worauf auch LEVEN und HOFFMANN (50) hingewiesen haben. Im zweiten Fall wurde das Operationsergebnis von der Patientin in erster Linie wegen einer 1 1/2 Jahre nach der Durchtrennung des Retinaculum flexorum notwendig gewordenen Oberarmamputation (aus anderen Gründen) negativ beurteilt. Bei der dritten Patientin mit unbefriedigendem Resultat lag außer einem CTS eine wiederholte Venenthrombosierung im Unterarm vor. Hier verlagerten sich die Atrophie und die Paraesthesien postoperativ in den Bereich des Hypothenar und des ulnaren Versorgungsgebietes der Hand. Beim vierten negativen Fall liegt zum einen eine starke diabetische Polyneuropathie vor, zum anderen mit etwas mehr als 10 Jahren die längste Anamnesedauer aller 36 Patienten.

Zum Einfluß der Anamnesedauer auf den Erfolg der chirurgischen Therapie ist festzustellen, daß bei unserem Patientengut bis zu einer Anamnesedauer

von 5 Jahren kein Zusammenhang zu bestehen scheint. Bei einer Anamnesedauer von mehr als 5 Jahren allerdings war es bei keinem einzigen Patienten mehr möglich, eine Resistutio ad integrum herzustellen. Diese Erfahrungen stehen in Einklang mit den Ansichten aller Autoren, die zwar keine sichere Beziehung zwischen Mißerfolg eines chirurgischen Eingriffes und Dauer der Symptome vor dem Eingriff ermitteln konnten, trotzdem aber übereinstimmend zu dem Ergebnis kommen, daß eine frühzeitige Operation die Zahl der Mißerfolge vermindern kann. Erwartungsgemäß besteht eine direkte Korrelation zwischen dem Ausmaß der praeoperativ bestehenden Atrophie der Daumenballenmuskulatur und dem Operationsergebnis. Bei Patienten mit einer starken Atrophie konnten ungünstigere Ergebnisse erzielt werden als bei Patienten ohne Atrophie. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß sich bestehende Atrophien nach einer erfolgreichen Operation durchaus zurückbilden können. Ähnlich signifikant ist der Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der vorbestehenden Sensibilitätsstörungen und dem Operationsergebnis. Etwas überraschend war die gute Korrelation zwischen der Anzahl der praeoperativ bestehenden Symptome - die ja rein subjektive Kriterien darstellen - und dem Operationsergebnis. Die Gruppe mit den meisten Symptomen erzielte auch die mit Abstand schlechtesten Resultate.

Es ist festzustellen, daß die chirurgische Therapie des CTS einen Großteil der Patienten über Nacht von quälenden Paraesthesien befreien kann und mit einer Erfolgsquote von 80 bis 90 % als die Therapie der Wahl anzusehen ist. Die Operationsresultate am Städtischen Krankenhaus München-Harlaching

entsprechen den in der Literatur veröffentlichten. Eine erfolgreiche Therapie des CTS ist also durchaus auch an einem Allgemeinkrankenhaus möglich. Wünschenswert wäre eine Vereinheitlichung der Diagnostik, in die die Provokationstests nach TINEL und PHALEN, der Flaschentest nach LUETHY, die Bestimmung der distalen motorischen und distalen sensiblen Latenz des N. medianus im Bereich des Handgelenkes und elektromyographische Untersuchungen der medianusinnervierten Thenarismuskulatur aufgenommen werden. Außerdem wäre es zu begrüßen, wenn die Patienten postoperativ einer krankengymnastischen Nachbehandlung zugeführt würden.

## 15. Zusammenfassung

Im allgemeinen Teil der Arbeit wurde versucht, einen Überblick über Geschichte, Anatomie und Pathophysiologie des Carpaltunnelsyndroms zu geben und den derzeitigen Stand der Literatur bezüglich Krankheitsbild, Diagnostik und Differentialdiagnose, Epidemiologie, Ätiologie und Therapie des Carpaltunnelsyndroms darzustellen.

Im speziellen Teil wurden die Ergebnisse einer retrospektiven Untersuchung zu den Resultaten der chirurgischen Therapie des Carpaltunnelsyndroms am Städtischen Krankenhaus München-Harlaching berichtet.

Zwischen 1970 und 1979 unterzogen sich 36 Patienten einer operativen Therapie des Carpaltunnelsyndroms.

In einer Fragebogenaktion wurden die betroffenen Patienten zu ihren subjektiven Beschwerden vor der Operation, nach der Operation und zum Zeitpunkt der Untersuchung befragt.

80 % der Patienten konnten in der Fragebogenaktion erfaßt werden, 86,2 % der erfaßten Fälle zeigten eine Heilung oder Besserung.

Dies entspricht den in der Literatur veröffentlichten Ergebnissen.

- (1) Adamson J.E., Srouji S.R., Horton C.E., Mladick R.A.:  
The acute carpal tunnel syndrome.  
Plast.reconst.Surg. 47 (1971) S.332
- (2) Aebi-Öchsner C., Ludin H.P.:  
Das Karpaltunnelsyndrom-Klinische Symptomatologie  
und elektrophysiologische Befunde.  
Fortschr.Neurol.Psychiatr.47 (1979) S.307
- (3) Ballabio C.B.:  
Behandlung der karpalen Akroparaesthesien  
Münch.Med.Wschr.117 (1975) S.1087
- (4) Barret R., Cramer F.:  
Tumors of the peripheral nerves and so-called "ganglia"  
of the peroneal nerve.  
Clin.Orthop.27 (1963) S.135
- (5) Bastian F.O.:  
Amyloidosis and the carpal tunnel syndrome.  
Am.J.Clin.Pathol.61 (1974) S.711
- (6) Bengzon A.R.A., Eichmann P.L.:  
An improved splint for treatment of the carpal tunnel  
syndrome.  
Arch.phys.Med.47 (1966) S.84
- (7) Benini A., Segmüller G., Lemberger U.:  
Karpaltunnelsyndrom bei der progressiv-chronischen  
Polyarthritits.  
Schweiz.Med.Wschr.103 (1963) S.1861
- (8) Benini A.:  
Das Karpaltunnelsyndrom.  
Praxis 63 (1974) S.772

- (9) Benini A.:  
Das Karpaltunnelsyndrom und die übrigen Kompressionssyndrome  
des N. medianus.  
Sammlung psychiatrischer und neurologischer Einzeldarstellungen.  
Thieme, Stuttgart 1975
- (10) Benini A.:  
Das Karpaltunnelsyndrom.  
Med. Mschr.30 (1976) S. 199
- (11) Beringer U.:  
Das Karpaltunnelsyndrom. Analyse von 331 Fällen mit  
Hinweisen auf die operativen Behandlungsergebnisse.  
Schweiz.med.Wschr.102 (1972) S.52
- (12) Bessot M., Masse P.:  
Les syndromes post-traumatiques du canal carpien.  
Ann.med.Nancy 3 (1964) S.1304
- (13) Birkbeck M.Q., Beer T.C.:  
Occupation in relation to the carpal tunnel syndrome.  
Rheumatol.Rehabil.14 (1975) S.218
- (14) Bjoerkqvist S.E., Lang A.H., Punnonen R., Rauramo L.:  
Carpal tunnel syndrome in ovariectomized women.  
Acta Obst. et. Gynecol.Scand.56 (1977) S.127
- (15) Blodgett R.J., Lipscomb P.R., Hill R.W.:  
Incidence of hematologic disease in patients with  
carpal tunnel syndrome.  
J.Amer.med.Ass.182 (1962) S.814
- (16) Brain R.W., Wright D.A., Wilkinson M.:  
Spontaneous compression of both median nerves in  
the carpal tunnel. Six cases treated surgically.  
Lancet 1947/I S.277

- (17) Brones M.F., Wilgis E.F.:  
Anatomical variations of the palmaris longus,  
causing carpal tunnel syndrome: case reports.  
Plast.reconstr.Surg.62 (1978) S.798
- (18) Browne E.Z. jr., Synder C.C.:  
Carpal tunnel syndrome caused by hand injuries.  
Plast.reconstr.Surg.56 (1975) S.41
- (19) Burckhardt H., Rommel K., Maehr G.:  
Aetiologie und Klinik des Karpaltunnelsyndroms.  
Med.Welt 19 (1968) S.726
- (20) Calberg G.:  
Die chirurgische Behandlung des Karpaltunnel-Syndroms.  
Münch.med.Wschr.117 (1975) S.1091
- (21) Cannon B.W., Love J.G.:  
Tardy median pulsy: median neuritis; median thenar neuritis  
amenable to surgery.  
Surgery 20 (1946) S.210
- (22) Codega G., Codega O., Kus H.:  
Neurolysis of the median nerve in the carpal tunnel  
as a surgical treatment of Kienböck's disease.  
Int.Surg.58 (1973) S.378
- (23) Cseuz K.A., Thomas J.E., Lambert E.H., Love J.G., Lipscomb P.R.:  
Long-termin results of operation für carpal tunnel syndrome.  
Proc.Mayo Clin.41 (1966) S.232
- (24) Danta G.:  
Famíliar carpal tunnel syndrome with onset in childhood.  
J.Neurol.Neurosurg.Psychiatry 38 (1975) S.350

- (25) Doll D.C., Weiss R.B.:  
Unusual presentations of multiple myeloma.  
Postgrad.Med.61 (1977) S.116
- (26) Dreyfus P.:  
Die Akroparästhesien des Arms.  
Münch.med.Wschr.117 (1975) S.1069
- (27) Duensing F., Lowitzsch K., Thorwirth V., Vogel P.:  
Neurophysiologische Befunde beim Karpaltunnel-Syndrom.  
Korrelationen zum klinischen Befund.  
Z.Neurol.206 (1974) S.267
- (28) Ellis J.M., Kishi T., Azuma J., Folkers K.:  
Vitamin B<sub>6</sub> deficiency in patients with a clinical syndrome  
including the carpal tunnel defect. Biochemical and  
clinical response to therapy with pyridoxine.  
Res.Commun.Chem.Pathol.Pharmacol.13 (1976) S.743
- (29) Foster J.B.:  
Hydrocortisone and the carpal tunnel syndrome.  
Lancet 1960/I S.454
- (30) Freshwater M.F., Arons M.S.:  
The effect of various adjuncts on the surgical treatment of  
carpal tunnel syndrome secondary to chronic tenosynovitis.  
Plast. reconstr.Surg.61 (1978) S.93
- (31) Gainer J.V. jr., Nugent G.R.:  
Carpal tunnel syndrome: report of 430 operations.  
South.med.J.70 (1977) S.325
- (32) Gangiberger J.A., Grunert V.:  
Das Karpaltunnelsyndrom.  
Wien.med.Wschr.124 (1974) S.490

- (33) Garland H., Langworth E.P., Taverner D., Clark J.M.P.:  
Surgical treatment for the carpal tunnel syndrome.  
Lancet 1964/I S. 1129
  
- (34) Gay B., Schmidt A.:  
Das Karpaltunnelsyndrom.  
Zbl.Chir.94 (1969) S.1598
  
- (35) Gilliatt R.W., Wilson T.G.:  
A pneumatic tourniquet test in the carpal tunnel syndrome.  
Lancet 1953/II S.595
  
- (36) Goodman H.V., Gilliatt R.W.:  
The effect of treatment on median nerve conduction in  
patients with the carpal tunnel syndrome.  
Ann.phys.Med. 6 (1961) S.137
  
- (37) Goodman H.V., Foster J.B.:  
Effect of local corticosteroid injection on median  
nerve conduction in carpal tunnel syndrome.  
Ann.phys.Med.6 (1962) S.287
  
- (38) Gray R.G., Poppo M.J., Gottlieb N.L.:  
Primary familial bilateral carpal tunnel syndrome.  
Ann.intern.Med.91 (1979) S.37
  
- (39) Hart V.L., Gaynor V.:  
Roentgenographic study of the carpal canal.  
J.Bone Jt. Surg.23 (1943) S.382
  
- (40) Hayden J.W.:  
Median neuropathy in the carpal tunnel caused by  
spontaneous intraneural haemorrhage.  
J. Bone Jt. Surg. 46-A (1964) S.1242

- (41) Herndon J.H., Eaton R.G., Littler J.W.:  
Carpal-tunnel syndrome. An unusual presentation  
of osteoid-osteoma of the capitate.  
Br. J. Radiol.47 (1974) S.1715
- (42) Hunt G.M., Abbott K.H., Roberts W.H.:  
The median nerve and carpal tunnel syndrome.  
Historical features, anatomical basis and clinical  
experiences.  
Bull. Los Angeles neurol. Soc. 25 (1960) S.211
- (43) Kaeser H.E.:  
Diagnostische Probleme beim Karpaltunnelsyndrom.  
Dtsch. Z. Nervenheilk.185 (1963) S.453
- (44) Kaeser H.E.:  
Nerve conduction velocity measurements.  
In: Handbook of Clinical Neurology, hrsg. von P.J.  
Vinken, G.W. Bruyn, Bd. VII/1: Diseases of nerves.  
North-Holland Publishing Company, Amsterdam 1970 S. 176
- (45) Kenzora J.E.:  
Dialysis carpal tunnel syndrome.  
Orthopedics 1 (1978) S.195
- (46) Khunadron N., Schlagenhauff R.E., Tourbaf K., Papademetriou T.:  
Carpal tunnel syndrome in hemophilia.  
Ny.State J.Med. 77 (1977) S.1314
- (47) Klofakorn R.W., Steigerwald J.C.:  
Carpal tunnel syndrome as the initial manifestation  
of tuberculosis.  
Am.J.Med.60 (1976) S.583

- (48) Langloh N.:  
Karpaltunnel-Syndrom.  
Fortschr.Med.94 (1976) S.136
- (49) Lanz U.:  
Anatomical variations of the median nerve in the carpal tunnel.  
J.Hand Surg.2 (1977) S.44
- (50) Lehner M., Heinz C.:  
Spätresultate nach operativer Therapie des Karpaltunnelsyndroms.  
Schweiz.med.Wschr.106 (1976) S. 1673
- (51) Leven B.:  
Das traumatisch ausgelöste Karpaltunnelsyndrom.  
Dtsch.med.Wschr.97 (1972) S.1905
- (52) Leven B., Huffmann G.:  
Das Karpaltunnelsyndrom. Klinische Erfahrungen.  
Münch.med.Wschr.114 (1972) S.1054
- (53) Linscheid R.L., Peterson L.F.A., Juergens J.L.:  
Carpaltunnel-syndrome associated with vasospasm.  
J.Bone Jt.Surg.49/A (1967) S.581)
- (54) Loong S.C.:  
The carpal tunnel syndrome: a clinical and electro-  
physiological study of 250 patients.  
Proc.Aust.Assoc.Neurol.14 (1977) S.51
- (55) Louis D.S., Dick H.M.:  
Ossifying lipofibroma of the median nerve.  
J.Bone Jt.Surg.55/A (1973) S.1082

- (56) Luethy F.:  
Der Flaschentest zur Erkennung der Medianuslähmung.  
Schweiz.med.Wschr.92 (1962) S.1573
- (57) Lynch A.C., Lipscomb P.R.:  
The carpal tunnel syndrome and Colles`fractures.  
J.Amer.med.Ass.185 (1963) S.363
- (58) Mahloudji M.:  
Familial carpal-tunnel syndrome due to amyloidosis.  
Lancet 1978/I S.1374
- (59) Marie P., Foix C.:  
Atrophie isolé de l'émminence thénar d'origine névritique.  
Rôle du ligament annulaire antérieur du carpe dans la  
pathogénie de la lésion.  
Rev.neurol.2 (1913) S.647
- (60) Mauersberger W., Meese W.:  
Carpal tunnel syndrome caused by the persistence  
of the median artery.  
Neurochirurgia (Stuttg.) 18 (1975) S.15
- (61) Maxion H., Wessinghage D., Leng E.:  
Untersuchungsbefunde nach konservativer und operativer  
Behandlung des Karpaltunnelsyndroms.  
Med.Welt (Stuttg.) 23 (1972) S.913
- (62) McCann V.J., Davis R.E.:  
Carpal tunnel syndrome, diabetes and pyridoxal.  
Aust.Nz.J.Med.8 (1978) S.638
- (63) Mertsch H., Spors K.:  
Zur Röntgenaufnahmetechnik beim Karpaltunnelsyndrom.  
Psychiatr.Neurol.med.Psychol.(Leipz.) 24 (1972) S.618

- (64) Miner M.E., Schimke R.M.:  
Carpal tunnel syndrome in pediatric mucopolysaccharidosis  
Report of four cases.  
J.Neurosurg.43 (1975) S.102
- (65) Mletzko J.:  
Das Karpaltunnelsyndrom.  
Chirurg 33 (1962) S.414
- (66) Moody J.F.:  
Bedeutung der Elektromyographie für Diagnose und  
Therapie der Akroparästhesien.  
Münch.med.Wschr.117 (1975) S.1083
- (67) Müller M., Poigenfürst J., Zaunbauer F.:  
Karpaltunnelsyndrom nach Speichenbruch an typischer Stelle.  
Unfallheilkunde 79 (1976) S.389
- (68) Mumenthaler M.:  
Die Therapie des Karpaltunnelsyndroms.  
Dtsch.med.Wschr. 89 (1964) S.2424
- (69) Mumenthaler M., Schliack H.:  
Läsionen peripherer Nerven.  
Thieme, Stuttgart 1965, 2.Aufl.1973
- (70) Neundörfer B., Dieterich B., Braun B.:  
Raynaud-Phänomen beim Karpaltunnelsyndrom.  
Wien.klin.Wochenschr.89 (1977) S.131
- (71) Neundörfer B.:  
Schulter-Arm-Syndrome aus neurologischer Sicht.  
Med.Welt 28 (1977) S.920

- (72) O'Hara L.J., Levin M.:  
Carpal tunnel syndrome and gout.  
Arch.intern.Med.120 (1967) S.180
- (72a) Paine K.W.E.:  
The carpal-tunnel syndrome.  
Canad.J.Surg.6(1963) S.446
- (73) Pecket P., Gloobe H., Nathan H.:  
Variations in the arteries of the median nerve. With special  
considerations in the ischemic factory in the carpal tunnel  
syndrome.  
Clin.Orthop. 97 (1973) S.144
- (74) Phalen G.S., Gardner W.J., La Londe A.A.:  
Neuropathie of the median nerve due to compression  
beneath the transverse carpal ligament.  
J.Bone Jt. Surg. 32-A (1950) S.109
- (75) Phalen G.S.:  
Spontaneous compression of the median nerve at the wrist.  
J.Amer.med.Ass. 145 (1951) S.1128
- (76) Phalen G.S., Kendrick J.I.:  
Compression neuropathy of the median nerve in the  
carpal tunnel.  
J.Amer.med.Ass. 164 (1957) S.524
- (77) Phalen G.S.:  
The carpal tunnel syndrome. Seventeen years`experience in  
diagnosis and treatment of six hundred and fiftyfour hands.  
(J.Bone Jt.Surg.48-A (1966) S.211

- (78) Phalen G.S.:  
The carpal tunnel syndrome. Clinical evaluation of 598 hands.  
Clin.Orthop. 83 (1972) S.29
- (79) Posch L.I., Prpic I.:  
Surgical treatment of the carpal tunnel syndrome.  
Handchirurgie 7 (1975) S.95
- (80) Rainer W.G., Mayer J., Sadler T.R. jr., Dirks D.:  
Effect of graded compression on nerve conduction velocity. An experimental study.  
Arch.Surg. 107 (1973) S.719
- (81) Rietz K.A., Örne L.:  
Analysis of sixty-five operated cases of carpal tunnel syndrome.  
Acta.chirurg.scand.133 (1967) S.443
- (82) Scoccianti P.:  
Indikationen einer chirurgischen Behandlung der karpalen Akroparästhesien.  
Münch.med.Wschr.117 (1975) S.1099
- (83) Semple I.C., Cargill A.O.:  
Carpal-tunnel syndrome. Results of surgical decompression.  
Lancet 1969/I S.918
- (84) Silverstein A.:  
Neurological complications of anticoagulation therapy:  
A neurologist's review.  
Arch.intern.Med. 139 (1979) S.217
- (85) Skanse B.:  
Carpal-tunnel syndrome in myxedema and acromegaly.  
Acta.chir.scand.121 (1961) S.476

- (86) Starrefeld E., Ashenhurst E.M.:  
Bilateral carpal tunnel syndrome in childhood. A report  
of two sisters with mucopolylipidosis III (Pseudo-Hurler  
polydystrophy).  
Neurology (Minneap.) 25 (1975) S.234
- (87) Sunderland S.:  
The nerve lesion in the carpal tunnel syndrome.  
J.Neurol.Neurosurg.Psychiatr. 39 (1976) S.615
- (88) Tanzer R.C.:  
The carpal-tunnel syndrome. A clinical and anatomical study.  
J.Bone Jt.Surg. 41/A (1959) S.127
- (89) Thomas J.E., Lambert E.H., Cseuz K.A.:  
Electrodiagnostic aspects of the carpal tunnel syndrome.  
Arch. Neurol. (Chic.) 16 (1977) S.635
- (90) Thomas P.K.:  
Motor nerve conduction in the carpal tunnel syndrome.  
Neurology (Minneap.) 10 (1960) S.1045
- (91) Thomas P.K., Fullerton P.M.:  
Nerve fibre size in the carpal tunnel syndrome.  
J.Neurol.Neurosurg.Psychiat. 26 (1963) S.520
- (92) Toyonaga K., Defaria C.R.:  
Electromyographic diagnosis of the carpal tunnel syndrome.  
Arq. Neuropsychiatr. 36 (1978) S.127
- (93) Valenta L.J.:  
Hyperparathyroidism due to parathyroid adenoma and  
carpal tunnel syndrome.  
Ann.intern.Med. 82 (1975) S. 541

- (94) Wahle H., Toennis D.:  
Familiäre Anfälligkeit gegenüber Druckschädigungen  
peripherer Nerven.  
Fortschr.Neurol.Psychiatr.26 (1958) S.371
- (95) Weiland A.J., Lister G.D., Villarreal-Rios A.:  
Volar fracture dislocations of the second and third  
carpometacarpal joints associated with acute carpal tunnel  
syndrome.  
J.Trauma 16 (1976) S.672
- (96) Weisl H., Osborne C.V.:  
The pathological changes in rat's nerves subject to  
moderate compression.  
J.Bone Jt.Surg. 46-B (1964) S.297
- (97) Wilhelm K.:  
Das Karpaltunnelsyndrom als Traumafolge.  
Arch.orthop.Unfall-Chir. 72 (1972) S.87
- (98) Wilhelm K., Feldmeier Ch., Gradinger R., Bracker W.:  
Das Karpaltunnelsyndrom-Rezidiv.  
Münch.med.Wschr. 122 (1980) S.1129
- (99) Wormser P.:  
Das Karpaltunnelsyndrom.  
Fortschr.Neurol.Psychiatr. 18 (1950) S.211
- (100) Yamaguchi D.M., Lipscomb. P.R., Soule E.H.:  
Carpal tunnel syndrome.  
Minn.Med. 49 (1965) S.22
- (101) Záchary R.B.:  
Thenar pulsus due to compression of the median nerve  
in the carpal tunnel.  
Surg.Gynec.Obstet. 81 (1945) S.213

Bedanken möchte ich mich bei Herrn Professor Dr.med. E. Kugel, Chefarzt der chirurgischen Abteilung des Städtischen Krankenhauses München-Harlaching, für die Stellung der Aufgabe und für sein Interesse an der Arbeit.

Herrn Chefarzt Dr.med. H. Burghart möchte ich recht herzlich danken für die Betreuung der Arbeit, für Anregungen, Hilfen und Kritik, die wesentlich zum Gelingen beigetragen haben.

Bei Herrn Chefarzt Dr.med. G. v. Haehling möchte ich mich für seine Hilfe bei der Beschaffung der Literatur und seine wertvollen Ratschläge bedanken.

## Lebenslauf

Roman Walter E d e r , geboren am 18.7.54 in Deggendorf.

Von 1960 bis 1965 Besuch der Volksschule Buchenau-Spiegelhütte.

Von 1965 bis 1974 Besuch des Mathematisch-Naturwissenschaftlichen  
Gymnasiums in Zwiesel.

Von 1974 bis 1976 Studium der Politologie, Geschichte und Germanistik  
an der Ludwig Maximilian Universität München.

Von 1976 bis 1978 Studium der vorklinischen Medizin an der Universität  
Regensburg.

Von 1978 bis 1982 klinischer Teil des Medizinstudiums am Klinikum  
rechts der Isar der Technischen Universität München.







